

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

Dpto. de INGENIERÍA DE SISTEMAS Y AUTOMÁTICA



INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL

PROYECTO FIN DE CARRERA

Diseño y construcción de un vehiculo de inspección
remota mediante marcación por tonos

AUTOR: PABLO RUIZ DÍEZ

TUTOR: CONCEPCIÓN ALICIA MONJE MICHARET

Agradecimientos

Si me hubieran dicho hace apenas unos años que ahora estaría en esta situación, escribiendo estas líneas que marcan el final de una ingeniería, solo habría podido reírme, yo que siempre me mantuve distante de los libros. Pero ahora mirando atrás veo que lo mas importante es no tenerle miedo a nada.

A Esther, siempre has confiando en mi, jamás habría podido sin tu apoyo y eso nunca podré olvidarlo.

A Nacho, mi hermano, un ejemplo para mí desde niño como pocos lo han sido.

A Chami, es mas que probable que si no te hubiera conocido yo no estaría aquí ahora, gracias amigo por ponerme en este camino.

A Antonio, de entre todos, El Maestro. Como sueles decir “no hay que creerse nada” y continuare haciéndote caso.

A Sergi, compañero y amigo, has estado ahí siempre sin dudarlo, hemos pasado lo más duro pero seguimos hasta el final, siempre un buen final.

En definitiva a todos los que habéis estado a mi lado, a los que siguen y a los que se han ido.

Y sobre todo a los que pensaron que no podría, que era un objetivo muy duro, demasiado largo y costoso para mí. Gracias por retarme.

Pablo Ruiz Díez
30 de Septiembre de 2009

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1 MOTIVACIÓN DEL PROYECTO. | 1 |
| 1.2 OBJETIVOS | 2 |
| 1.3 ESTRUCTURA DEL PROYECTO | 3 |
| 2 S.I.R.(SISTEMA DE INSPECCIÓN REMOTA)..... | 4 |
| 2.1 INTRODUCCIÓN. | 5 |
| 2.2 PARTE MECÁNICA. | 5 |
| 2.2.1 <i>Diseño del vehículo.</i> | 5 |
| 2.3 PARTE ELECTRÓNICA..... | 18 |
| 2.3.1 <i>Construcción de la placa de circuito impreso</i> | 20 |
| 2.3.2 <i>Alimentación.</i> | 29 |
| 2.3.3 <i>Recepción de datos.</i> | 30 |
| 2.3.3.1 Características generales del sistema DTMF | 34 |
| 2.3.3.2 Formas de onda DTMF..... | 36 |
| 2.3.3.3 Expresión matemática del DTMF. | 44 |
| 2.3.4 <i>Sistema de control.</i> | 46 |
| 2.3.4.1 El microcontrolador. | 46 |
| 2.3.4.2 Dirección..... | 48 |
| 2.3.4.3 Velocidad..... | 50 |
| 2.4 PESO..... | 54 |
| 3 . PRESUPUESTO..... | 55 |
| 4 RESULTADOS..... | 59 |
| 4.1 INTRODUCCIÓN | 59 |
| 4.2 PARTE MECÁNICA | 59 |
| 4.3 PARTE ELECTRÓNICA. | 61 |
| 5 CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS..... | 62 |
| 5.1 CONCLUSIONES | 62 |
| 5.2 TRABAJOS FUTUROS..... | 63 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 64 |
| ANEXOS..... | 65 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 2.1 SIR..... | 4 |
| Figura 2.2 Aspecto del chasis. | 6 |
| Figura 2.3 Rueda motriz..... | 7 |
| Figura 2.4 Rueda trasera | 7 |
| Figura 2.5 Motor destinado al desplazamiento..... | 8 |
| Figura 2.6 Rueda con acople | 12 |
| Figura 2.7 piezas de acople rueda motor..... | 12 |
| Figura 2.8 Motor de continua con reductora..... | 13 |
| Figura 2.9 Sistema de engranajes. | 14 |
| Figura 2.10 eje mecanizado con engranaje | 14 |
| Figura 2.11 Soporte de teléfono comercial | 15 |
| Figura 2.12 Puente de sustentación de PVC. | 16 |
| Figura 2.13 luces..... | 17 |
| Figura 2.14 Placa de control. | 19 |
| Figura 2.15 Esquema electrónico (anexo al final en mejor calidad)..... | 21 |
| Figura 2.16 Ejemplo de huella,..... | 22 |
| Figura 2.17 placa primitiva | 23 |
| Figura 2.18 Pistas sin rutar | 24 |
| Figura 2.19 Pistas rutadas. Verdes en Top y Rojas en Bottom | 25 |
| Figura 2.20 Cara TOP | 26 |
| Figura 2.21 Cara Bottom..... | 26 |
| Figura 2.22 Cara Bottom con pista de masa..... | 27 |
| Figura 2.23 Placa de control. | 28 |
| Figura 2.24 Circuito de alimentación. | 29 |
| Figura 2.25 Teléfono integrado en el SIR. | 30 |
| Figura 2.26 Manos libres para placa de control. | 32 |
| Figura 2.27 Circuito de decodificación del tono..... | 33 |
| Figura 2.28 Forma de onda de tonos del código estándar..... | 37 |
| Figura 2.29 Ancho de Banda de los DTMF y de la voz humana..... | 39 |
| Figura 2.30 Forma de onda y espectro de la suma de señales para la tecla 1. | 40 |
| Figura 2.31 Máxima desviación de frecuencia para la tecla 1. | 41 |
| Figura 2.32 Máxima diferencia de potencia para la tecla 1. | 42 |
| Figura 2.33 Forma y duración mínima apta para el DTMF para la tecla 1..... | 43 |
| Figura 2.34 Comparación de resultados en Matlab y Workbench para la tecla 1. | 45 |
| Figura 2.35 Microcontrolador PIC..... | 46 |
| Figura 2.36 Conexionado decodificador y microcontrolador..... | 47 |
| Figura 2.37 Circuito excitación de relé. | 49 |
| Figura 2.38 Señal PWM. | 50 |
| Figura 2.39 Circuito PWM..... | 53 |

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Diagrama de distribución de los pares de frecuencia para DTMF.34

Tabla 2.2 Parámetros principales de los DTMF.....38

Tabla 2.3 Pesos54

Tabla 3.1 Presupuesto.....58

1 Introducción

1.1 Motivación del proyecto.

Hoy en día los sistemas de seguridad se encuentran en su momento de mayor expansión, es impensable dado los tiempos que corren ser responsable de una empresa o cualquier propiedad sin invertir en un mínimo de seguridad. En infinidad de ocasiones el usuario o propietario necesita, además de una seguridad pasiva como pueden ser las puertas de seguridad, algún tipo de vigilancia o video-vigilancia, pero los sistemas de vigilancia convencionales no son suficientes, ya que no permiten acceder a sus funciones desde una consola central, o requieren de programas propietarios para un acceso remoto. ¿Y qué pasa si estamos de viaje o no tenemos acceso a la consola del sistema?

Hacer posible la visualización de nuestro sistema de vigilancia y ver las imágenes de la cámara de seguridad desde cualquier parte del mundo sin usar complejos sistemas se convierte en un aspecto importante.

Los sistemas habituales están limitados por la inmovilidad de sus dispositivos de grabación, disminuyendo la posibilidad de reacción por parte del usuario. Diseñar un sistema móvil de inspección remota sería la solución para este tipo de situaciones.

Otros motivos para diseñar un sistema remoto de inspección es la posibilidad que brindan para visualizar cualquier zona de interés desde cualquier parte del mundo y con posibilidad de control manual, ya sea por tratarse de una zona peligrosa o por la imposibilidad de estar presente.

En definitiva, un sistema de inspección remota daría solución a los dos grandes inconvenientes de las video vigilancias: acceso inmediato desde cualquier parte del mundo sin necesidad de consolas o complejos sistemas y un control de movilidad total que cambiaría el concepto de vigilancia por el de inspección.

1.2 Objetivos

El principal objetivo de este trabajo consiste en diseñar y construir un vehículo de inspección mediante telefonía móvil que permita visualizar la zona de interés en tiempo real y de forma remota poder controlar su desplazamiento utilizando las teclas de un teléfono.

En primer lugar, se realizará el diseño y construcción de un vehículo triciclo capaz de desplazarse en cualquier dirección mediante motores de continua, se tratará de un sistema de dos ruedas motrices cada una con su propio motor y una tercera rueda loca que simplemente le dará el apoyo y estabilidad necesarias, esta configuración de doble motor sustituirá a cualquier sistema complejo de dirección.

Utilizaremos la tecnología existente en el campo de la telefonía móvil y concretamente la transmisión de tonos del teclado de un teléfono a otro, integraremos un teléfono móvil en el vehículo motorizado para utilizarlo como receptor de estos tonos. Al realizar la comunicación desde otro teléfono móvil tendremos la posibilidad, si estos dos dispositivos lo permiten, de realizar una video-llamada, para además de enviarle al vehículo datos de control y mando en forma de tonos, poder visualizar lo que tiene enfrente y así tener un control total.

Posteriormente, diseñaremos el circuito electrónico capaz de usar los tonos entrantes en el sistema, que no serán otra cosa que ordenes de movimiento desde el teléfono remoto, para transformarlos en señales que el dispositivo pueda interpretar para moverse mediante los recursos del vehículo.

En definitiva, crearemos desde cero un sistema de inspección remota, capaz de desplazarse por donde el usuario decida y controlado simplemente desde un teléfono móvil que además dará la posibilidad de visualizar su entorno y por supuesto desde cualquier parte del mundo y en tiempo real.

Como objetivo global del proyecto se tendrá el poder controlar los movimientos del SIR con las teclas numéricas del teléfono del usuario de la forma que mas adelante se explicara.

El objetivo concreto de este proyecto será la construcción del vehículo y el diseño y construcción de la electrónica encargada de controlar todo el sistema de inspección.

1.3 Estructura del proyecto

Este proyecto forma parte de un proyecto general llamado *Diseño y construcción de un sistema de inspección remota*. El proyecto general fue dividido en dos partes, la presente se llama *Diseño y construcción de un vehículo para inspección remota mediante marcación por tonos* y complementa al proyecto realizado por Sergio Sánchez Donaire llamado *Sistema de Control de un vehículo de inspección remota mediante marcación por tonos*. Aquí se tratan los temas de diseño y construcción de la parte mecánica del vehículo y de la electrónica necesaria para su control. Se organizan de la siguiente manera.

El capítulo 1 comienza con una breve introducción al proyecto y nos sitúa en el entorno en el que se va a desarrollar. Además, se exponen los objetivos principales y la estructura del mismo.

En el capítulo 2 se trata de explicar en profundidad las partes que componen el sistema de inspección remota o SIR. Abordando las partes de mecánica constructiva y la electrónica de control.

El capítulo 3 expone el presupuesto total del proyecto valorando cada elemento que compone el proyecto global.

Capítulo 4. Resultados concretos de la parte que ocupa este proyecto, como son la mecánica y la electrónica.

Las conclusiones a las que se han llegado se muestran en el capítulo 5 y es también aquí donde se comentan los posibles trabajos futuros y líneas de investigación que se pueden seguir en un futuro.

Al final del trabajo, se incluyen la bibliografía y los anexos que se han utilizado.

2 S.I.R.(Sistema de Inspección **Remota)**

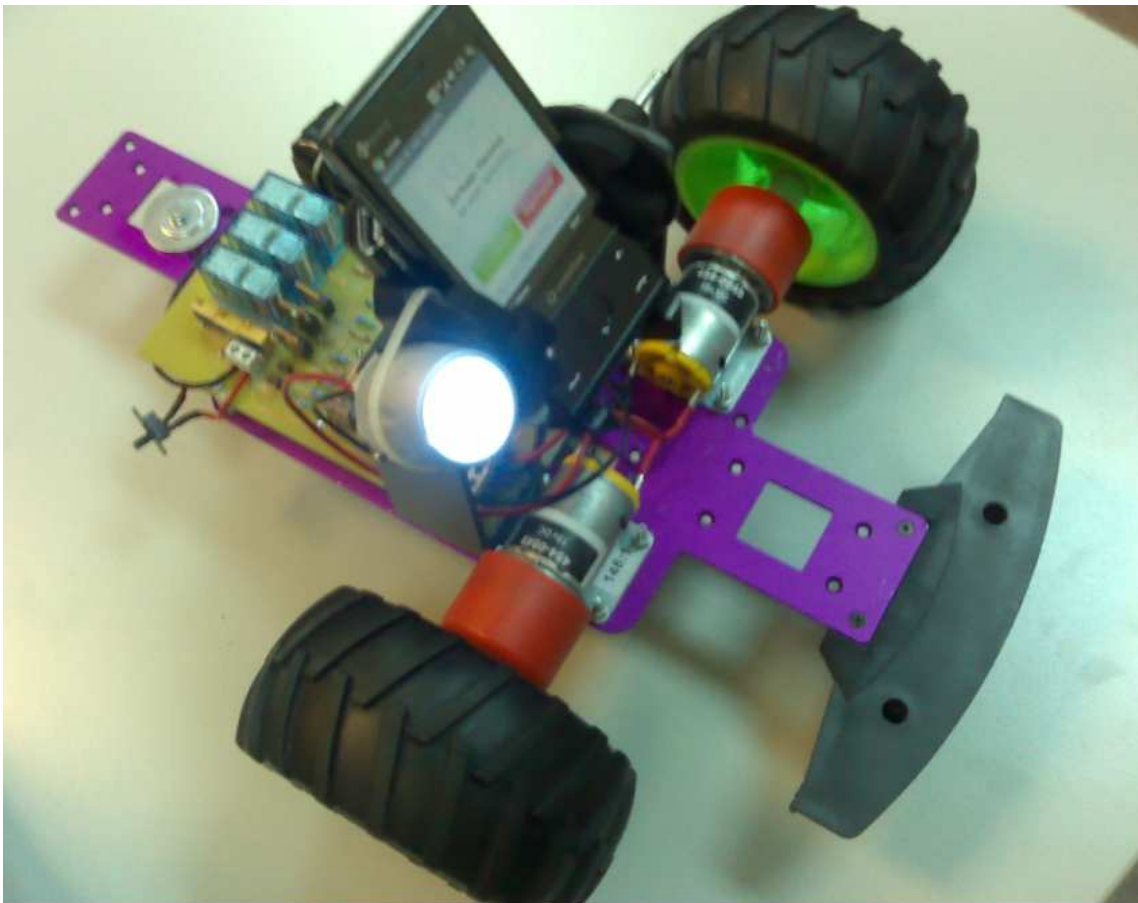


Figura 2.1 SIR

2.1 Introducción.

En este apartado definiremos las partes que componen el sistema de inspección remota, parte mecánica, electrónica y el sistema de control. Explicando en cada una de ellas los pasos que se han llevado a cabo.

2.2 Parte mecánica.

En esta parte trataremos el diseño y la construcción del robot. En primer lugar se explica la parte mecánica, que comprende el chasis, los motores, los elementos de tracción, y el acoplo del teléfono móvil, para a continuación explicar la electrónica, que comprende la placa de control del robot encargada del tratamiento de señales recibidas y gestión de los recursos del sistema completo.

2.2.1 Diseño del vehículo.

El chasis del robot es una plancha mecanizada de 2mm fabricada en aluminio sobre el que se sustentan el resto de elementos. Se ha elegido como material el aluminio por sus cualidades de resistencia y ligereza, aprovechando para ello el chasis de un antiguo coche de radio-control de dimensiones similares a las de este proyecto. Esta plancha fue fabricada con intenciones semejantes a las de este proyecto por lo que es muy adecuada para la sujeción del sistema de inspección remota, SIR.

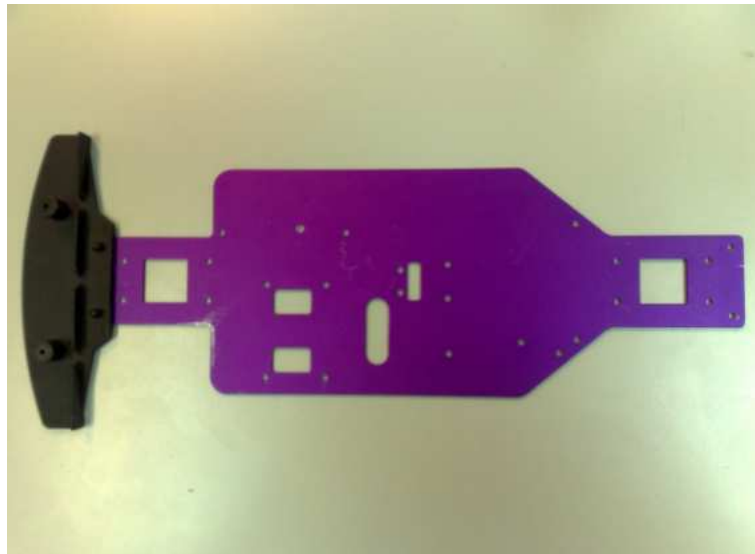


Figura 2.2 Aspecto del chasis.

En la Figura 2.2 puede verse la cara superior del chasis, en ella se alojaran los motores, la placa de circuito impreso, el soporte móvil del teléfono y se dejara un espacio libre para colocar las baterías encargadas de la alimentación. Para el correcto funcionamiento de motores y circuitos integrados serán necesarios 12 voltios y para garantizarlos se usan 8 baterías de 1,5 voltios conectadas en serie, un interruptor fijado en el chasis da paso de corriente al ser accionado permitiendo el funcionamiento tanto del sistema motriz como de la electrónica.

La tracción del robot se realiza mediante dos ruedas motrices mostradas en la figura 2.3 y una rueda libre situada en la parte posterior, figura 2.4. Conseguimos con este sistema una gran estabilidad, así como una movilidad completa con muy pocos elementos, evitando tener que dotar al sistema de un mecanismo de dirección complejo como el de un vehículo convencional.



Figura 2.3 Rueda motriz



Figura 2.4 Rueda trasera

Para la tracción del robot se han utilizado dos motores de corriente continua, con su correspondiente reductora, uno para la tracción de cada rueda motriz. Este sistema permite la posibilidad de girar el vehículo haciendo girar los motores de las ruedas motrices en sentidos opuestos. Este tipo de motores representados por la Figura 2.5

son adecuados para el diseño del robot ya que son baratos, pequeños, ligeros y consumen relativamente poco.



Figura 2.5 Motor destinado al desplazamiento.

Otra característica importante de ellos es que al disponer de una reductora conseguimos un doble beneficio. Primero, si atendemos a la misión general del robot pronto caeremos en la cuenta de que la velocidad, aparte de no ser una condición indispensable, podría, debido a los retardos en la transmisión de la información, llegar a ser contraproducente haciendo muy complicado el manejo remoto del vehículo. Segundo, una disminución de la velocidad significa un aumento en el par motor, consiguiendo así una potencia suficiente para transportar todo el peso del sistema sin problemas de sobrecarga e incluso superar ciertos obstáculos.

La elección del radio de la rueda y la velocidad de los motores se ha hecho atendiendo a la velocidad que necesitamos para el SIR. Se hicieron simulaciones previas en las que se puso a prueba la velocidad de refresco de las imágenes y los retardos de los tonos durante una llamada, concluyendo que la velocidad máxima no podría ser mayor de 0,5 metros / segundo.

Siguiendo un compromiso entre radio de la rueda y velocidad angular se buscó en el mercado un conjunto capaz de ofrecer esa velocidad. Investigando en el catalogo de RS encontramos una amplia gama de velocidades para sus motores de continua con reductora. Dentro de los catálogos de los de Componentes de Vehículos de Radio Control y modelismo también encontramos diferentes radios de ruedas. Elegimos finalmente un conjunto compuesto por Rueda de radio 5 cm. y motor con velocidad angular 85 rpm. Con este conjunto el SIR podrá alcanzar una velocidad de 0,45 metros/segundo. Velocidad muy cercana a la deseada.

En el caso del motor, además tenemos la obligación de asegurar un par motor suficiente para transportar todo el sistema, así que suponiendo el peor de los casos y observando la tabla 2.3 de pesos de todos los elementos del SIR se calcula:

Datos:

Peso máximo = 2Kg

Gravedad = 9,8 m/s²

Coeficiente de rozamiento μ_r (goma-terreno firme) = 0,6

Radio de la Rueda = 5 cm.

En el momento inicial del movimiento, con la rueda detenida, el motor deberá ofrecer un par motor capaz de vencer toda la carga del SIR y este es el caso más desfavorable. También contamos con un peso de 2 Kg. que es ligeramente mayor del real para asegurar la tracción. Teniendo en cuenta además que el sistema utiliza dos motores para el movimiento y que por tanto se reparten el trabajo, tenemos que con 2Kg. para los cálculos estaremos garantizando sobradamente el rendimiento de cada motor.

Cálculos:

$$\vec{N} = m \cdot g = 2\text{Kg} \cdot 9,8\text{m/s}^2 = 19,6 \text{ N}$$

$$\vec{Fr} = \mu r \cdot \vec{N} = 0,6 \cdot 19,6 \text{ N} = 11,76 \text{ N}$$

$$\vec{M} = \vec{Fr} \cdot R. (\text{rueda}) = 11,76 \text{ N} \cdot 0,05 \text{ m} = 0,588 \text{ Nm}$$

$$\vec{N} = \text{Fuerza normal}$$

$$\vec{Fr} = \text{Fuerza de rozamiento}$$

$$\vec{M} = \text{Par motor (momento de la fuerza)}$$

R = radio

Es necesario un motor capaz de entregar, a la velocidad necesaria, un par motor de 0,588 Nm. Si observamos las hojas de características de los motores de continua en los anexos mecánicos, podemos observar que esta característica la dan en gramos por centímetro (gr.cm) por lo que en nuestro caso necesitaremos un motor con par de 6000 gr. cm.

Dentro del catalogo RS elegimos un motor de 85 rpm capaz de dar 9664 gr. cm.

El acoplo de las ruedas con los motores se ha realizado mediante unas piezas especialmente diseñadas para este proyecto. Se trata, como se puede observar en la Figura 2.7, de una pieza que acopla la forma del eje, con su muesca de fábrica, y la forma hexagonal de la rueda. Han sido diseñadas y mecanizadas por Manuel González Hoyos (técnico especialista en maquinas herramientas), siguiendo la hoja de características del motor mostrada en los anexos mecánicos.

Se ha elegido el aluminio 6082 T6 como material de construcción por su facilidad de mecanización, así como por sus características especiales.

Aluminio con aleación de magnesio silicio 6082 de uso general en la construcción de maquinaria industrial, armamento y blindaje, automoción o vehículos industriales.

Utilizando maquinaria especializada, centro de mecanizado mod. "LEADWELL V 30", controlado por C.N.C. (**computer numerical controlled**). Se refiere a la automatización de las máquinas y herramientas que son operadas por comandos programados en lenguaje codificado, en lugar de controladas manualmente a través de manivelas o palancas, o mecánicamente automatizada a través de solo levas. Máquinas herramientas que han revolucionado el proceso de diseño.

Para este fin hemos utilizado el programa MASTERCAM, herramienta de modelado de sólidos en 3D.

Las piezas permiten ser atornilladas a la rueda desde el exterior dándole una sujeción definitiva.

Ambos conjuntos de motores y ruedas motrices están adheridos al chasis de aluminio mediante la base fija de que dispone el motor.



Figura 2.6 Rueda con acople

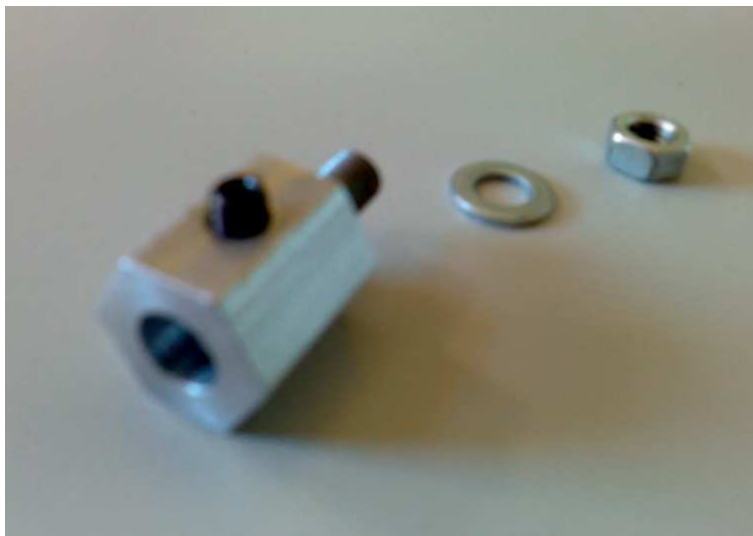


Figura 2.7 piezas de acople rueda motor

Para poder orientar la cámara frontal del teléfono integrado y así poder captar planos superiores e inferiores, el SIR dispone de un sistema de rotación que hace girar el teléfono integrado sobre su eje transversal, este sistema esta compuesto por: un motor de continua, figura 2.8, un juego de engranajes oblicuos mostrados en la figura 2.9, un eje mecanizado según nuestras necesidades, figura 2.10, un soporte comercial de teléfono móvil, figura 2.11 y una pieza de pvc como puente de sustentación figura 2.12. A continuación se definen las partes del sistema de rotación.

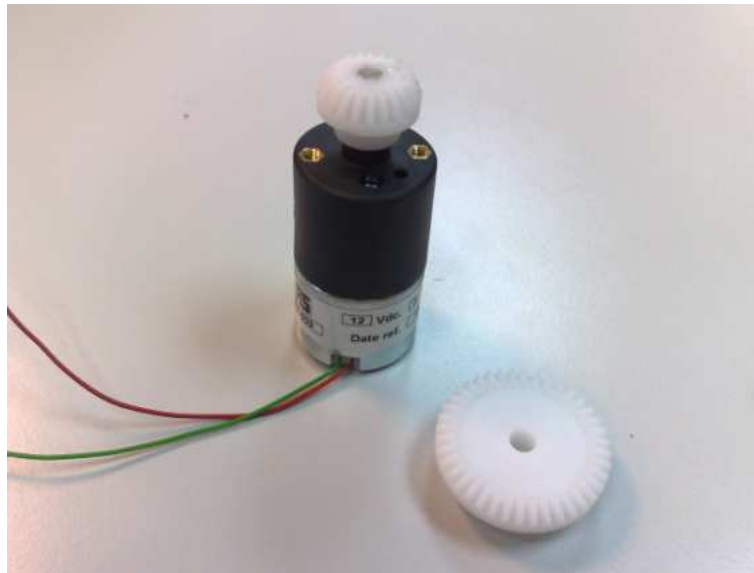


Figura 2.8 Motor de continua con reductora.

Este es el motor de continua encargado del movimiento rotativo del teléfono, se trata, al igual que los motores de tracción, de un motor con reductora. Este no requiere una velocidad elevada, de hecho se busca el motor con menor velocidad angular de los disponibles a 12 voltios. En la figura 2.10 se puede ver el engranaje oblicuo de mayor numero de dientes ya acoplado en el eje del motor, este engranara con el de menor numero de dientes y mitad de diámetro mostrado también en la figura 2.9, este juego reducirá la velocidad angular a la mitad. La elección de este tipo de engranajes cónicos u oblicuos se ha basado en la posibilidad de cambiar 90° el eje de giro. De esta manera pasamos de un giro sobre el eje vertical a un giro transversal. Esto nos permite colocar el motor en posición vertical y así ocupar un lugar más cómodo para la construcción. En la figura 2.9 se muestra como se acopla este juego de engranajes.



Figura 2.9 Sistema de engranajes.



Figura 2.10 eje mecanizado con engranaje



Figura 2.11 Soporte de teléfono comercial.

Este es un soporte comercial fabricado en plástico ABS concebido para los conductores que quieren tener a mano su teléfono móvil, pda, gps, reproductor MP3 o cualquier dispositivo móvil durante la conducción. Haciéndole unas modificaciones se acoplará al eje mecanizado mostrado en la figura 2.10.



Figura 2.12 Puente de sustentación de PVC.

Esta pieza se ha construido en PVC explícitamente para este proyecto y sirve para sustentar el soporte comercial de la figura 2.11 mediante el eje mecanizado de la figura 2.10. La materia prima es una lámina de PVC recta a la que se le ha dado forma con calor y un molde adecuado. Se perfora en su base para ser atornillado al chasis de aluminio de la figura 2.2.

El sistema es capaz de encender un foco frontal para los casos de poca visibilidad, figura 2.13. Este foco esta formado por 9 leds de alta luminosidad alimentados a 12 voltios, y el objetivo es que el usuario pueda controlar su encendido remotamente como el resto de los recursos del SIR



Figura 2.13 luces

2.3 Parte Electrónica.

Podemos clasificar esta parte en 3 secciones,

- Alimentación de todo el sistema de inspección remota, formada por 8 baterías, estas alimentan un LM2675 encargado de entregar una tensión constante y estable de 3,3 voltios para los circuitos que la requieren. Otras partes del circuito necesitan de los 12 voltios y se obtienen directamente de las baterías.
- Recepción y tratamiento de los tonos DTMF emitidos por el teléfono remoto al pulsar las teclas del teclado, esta parte la compone el teléfono integrado y un filtro de tonos DTMF, el integrado MT88L70.
- Control del robot, formado por el microcontrolador y la electrónica necesaria para su funcionamiento (alimentación, reset y frecuencia de referencia), así como por los relés y sus componentes discretos de control y clemas que permiten la conexión a los distintos recursos del robot.

Todas ellas se gestionan desde una sola placa de circuito impreso mostrada en la Figura 2.14. Esta placa fue diseñada mediante la versión 10.5 de Orcad, siguiendo el esquema inicial de la figura 2.15.

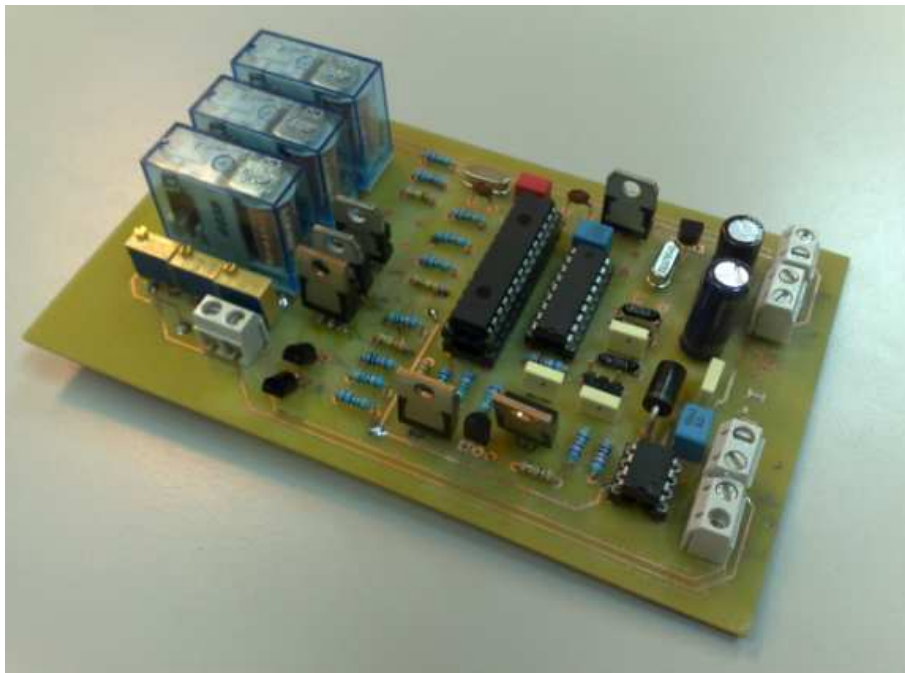


Figura 2.14 Placa de control.



2.3.1 Construcción de la placa de circuito impreso



SIR

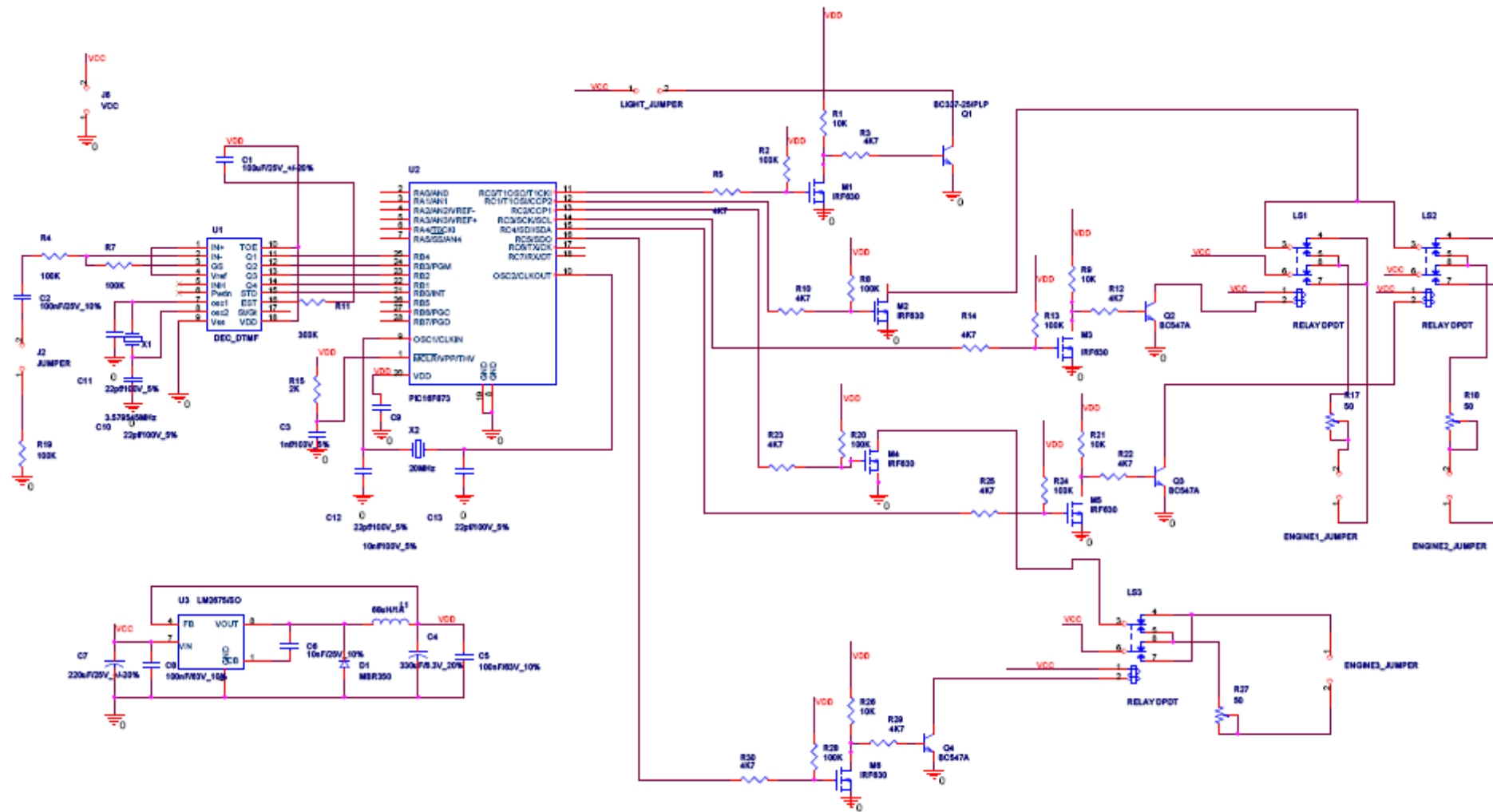


Figura 2.15 Esquema electrónico.

Una vez decido el esquema electrónico que deberá ser impreso en la placa de circuito, se dibuja en la aplicación *Capture Cis* según la figura 2.15. Después hemos procedido a diseñar una huella para cada componente que se utiliza en el diseño. Las Huellas, que se definen en la aplicación *Library Manager* de Orcad, deben coincidir con las dimensiones reales del componente, distancia entre pines y numero de ellos, superficie a ocupar en la placa, calibre del taladro, etc.

Todas estas dimensiones se han sacado de las hojas de características de cada componente, anexos electrónicos adjuntos. En la figura 2.16 tenemos un ejemplo de la huella de uno de los componentes.

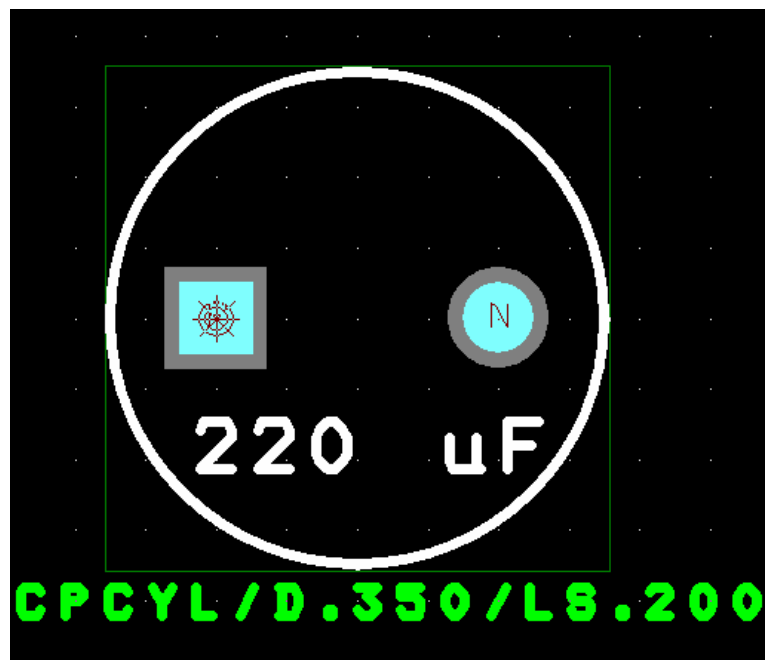


Figura 2.16 Ejemplo de huella,

Cuando todas las huellas están listas se relacionan con cada componente y cada pad (representante de un futuro taladro) con su correspondiente patilla, para así poder pasar el esquema de Capture Cis a la aplicación *Layout* de Orcad. El primer aspecto del circuito del SIR en LayOut se puede ver en la figura 2.17.

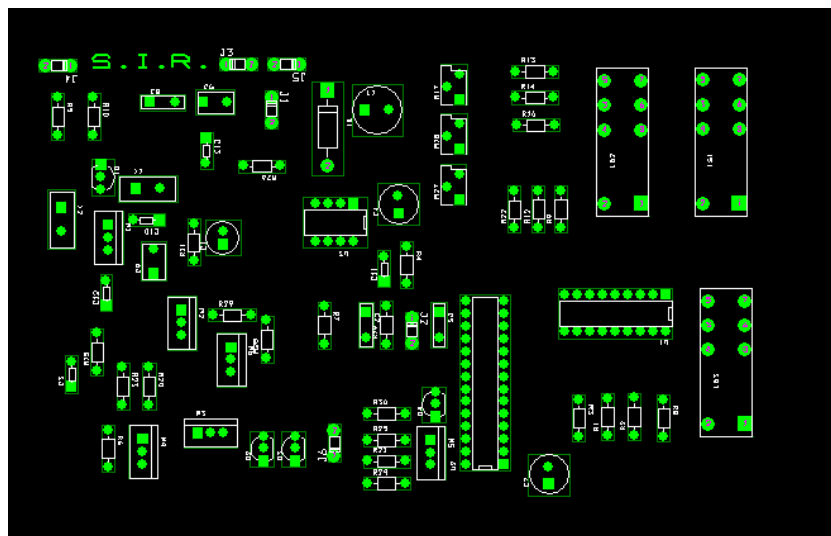
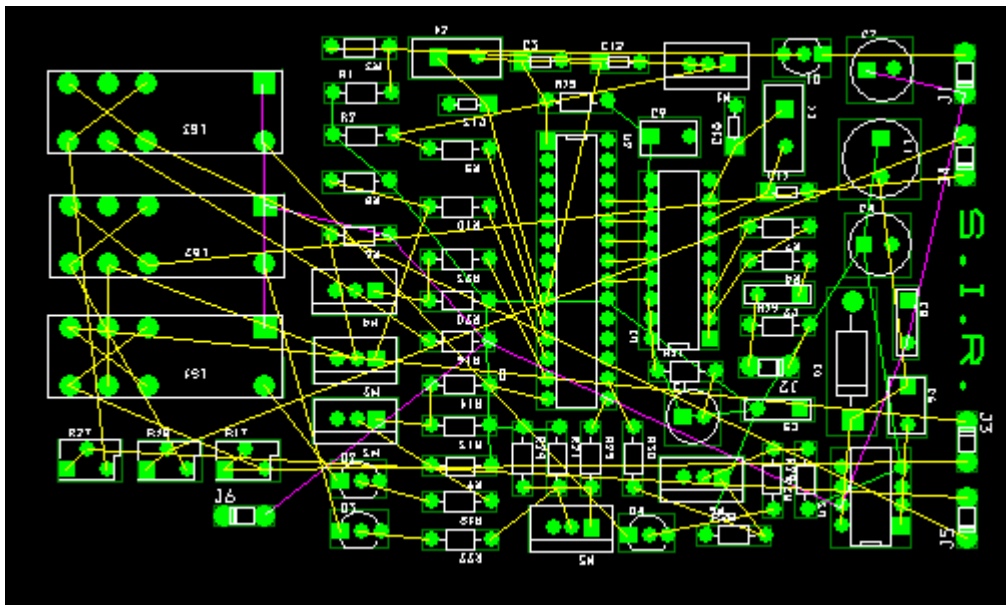


Figura 2.17 placa primitiva

Una vez que nuestro esquemático tiene forma, aunque desordenada, de placa de componentes físicos, empezamos a ordenar de la forma mas lógica posible cada componente. Para que resulte mas fácil se sigue una norma muy sencilla, intentar que los bloques formados en el esquema de Capture Cis sigan siendo un bloque en Layout, de esta forma lo asemejaremos lo mas posible a la realidad. Cuando los componentes están colocados y orientados en la forma mas adecuada se pueden empezar a rutar las pistas que unen los componentes. Estas pistas se nos muestran inicialmente en amarillo, como muestra la figura 2.18 y se vuelven rojas o verdes, según sean de la capa TOP o Bottom, una vez que se han conectado correctamente, figura 2.19.

Un aspecto muy importante en el rutado de las pistas de conexión es el grosor que se les da, haciendo pistas mas gruesas para caminos de alimentación o potencia. También es esencial definir un tamaño de *pad* adecuado para el tipo de patilla o componente, dejándolos con mas cobre para aquellos componentes que tengan patillas anchas y requieran taladros mayores. Para una mayor simplicidad a la hora de diseñar la placa se ha decidido utilizar las dos caras de la misma, de esta manera el diseño ocupa un menor espacio y las pistas son menos enrevesadas.



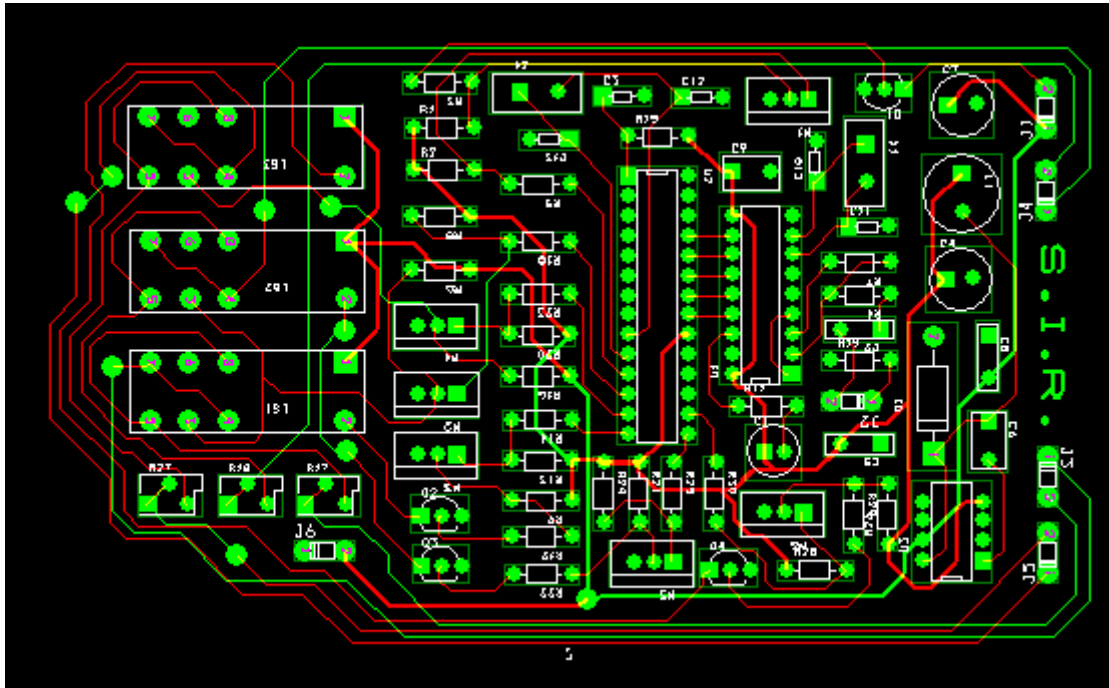


Figura 2.19 Pistas rutadas. Verdes en Top y Rojas en Bottom

Cuando todas las pistas han sido rutadas la placa del Sir muestra el aspecto de las figuras 2.20. Y 2.21. Representan la cara superior (top), donde van los componentes, y la inferior (Bottom) donde están la mayoría de las pistas. Es en esta ultima cara donde se añade la mayor de las pistas, esta corresponde a la masa del circuito y cubre toda la placa que queda libre, de esta manera se eliminan muchos de los efectos capacitivos producidos por las líneas paralelas de pistas, en la figura 2.22 se aprecia la masa.

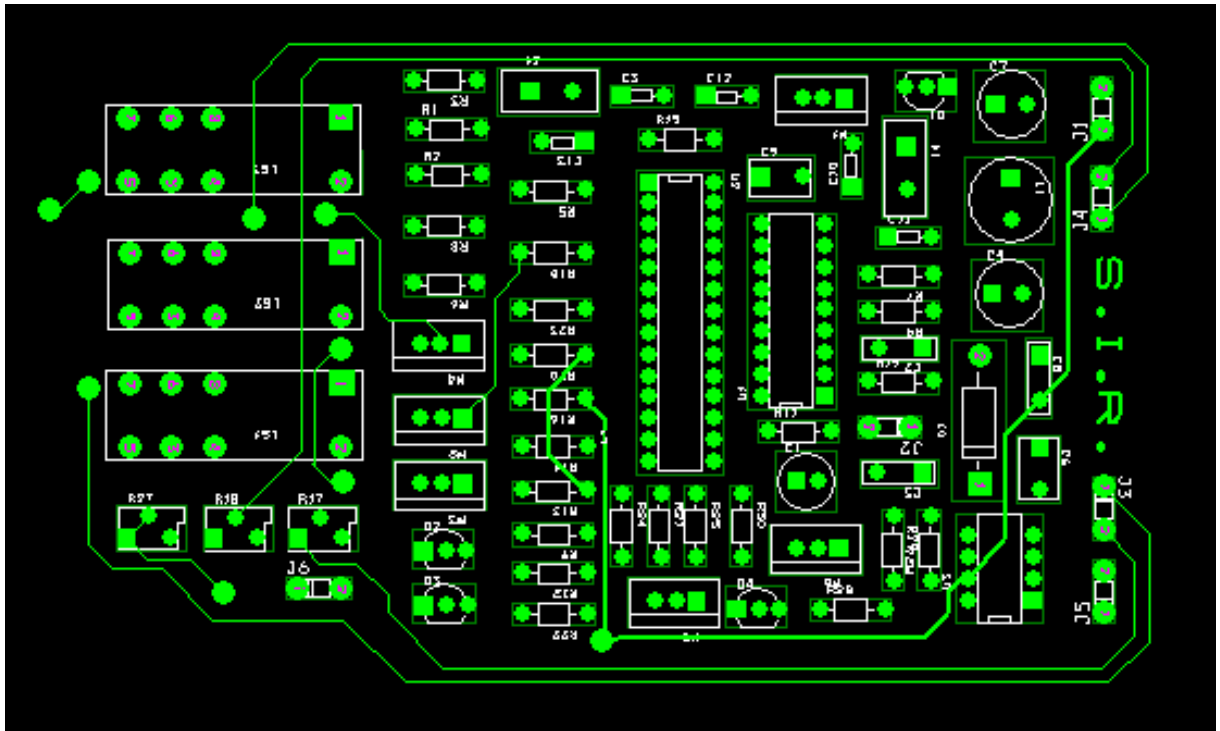


Figura 2.20 Cara TOP

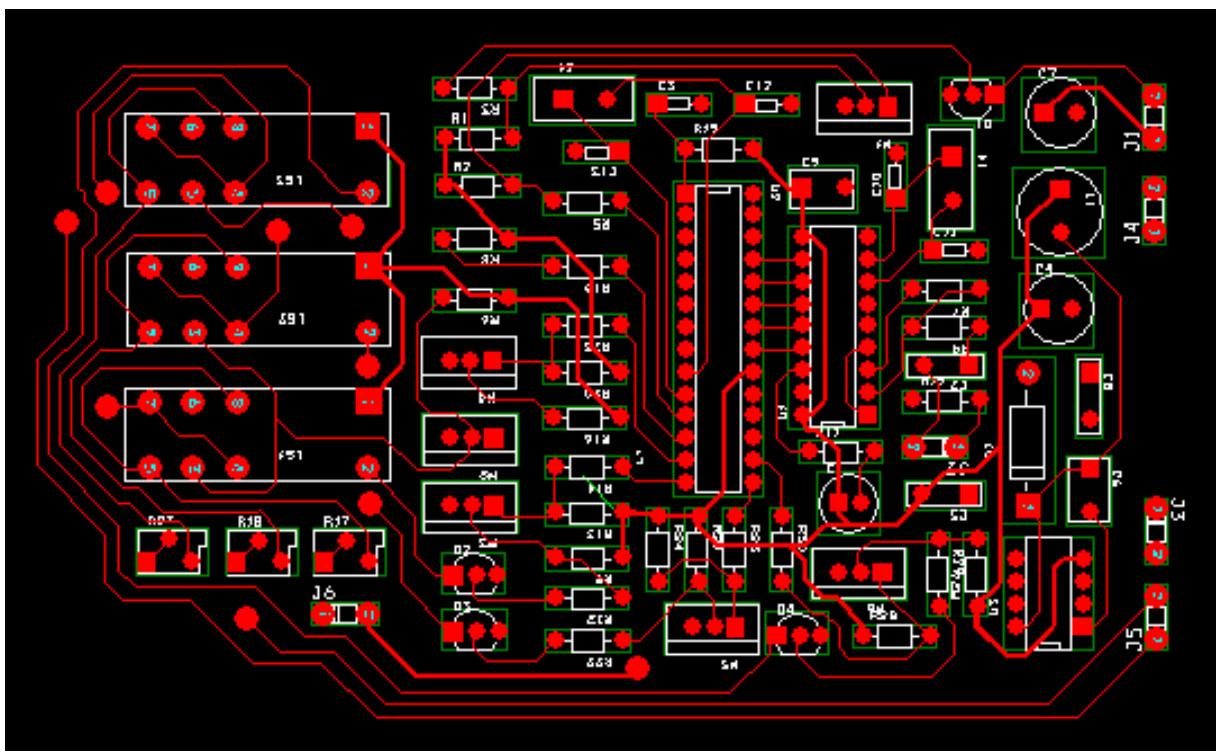


Figura 2.21 Cara Bottom

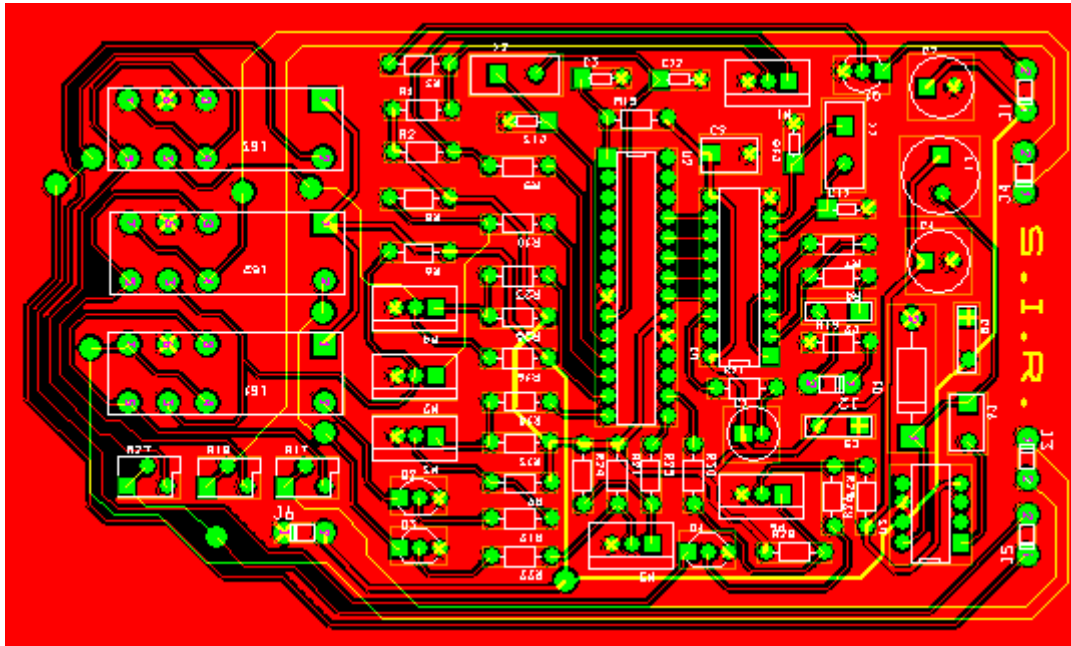


Figura 2.22 Cara Bottom con pista de masa

El archivo con extensión .MAX del diseño de la placa del SIR se entrega a los maestros de laboratorio de Oficina Técnica en la Universidad Carlos III para su fabricación con placa a doble cara en base de fibra de vidrio.

El siguiente paso es soldar todos los componentes en su posición correcta para terminar con una placa de circuito impreso como la de la figura 2.23.

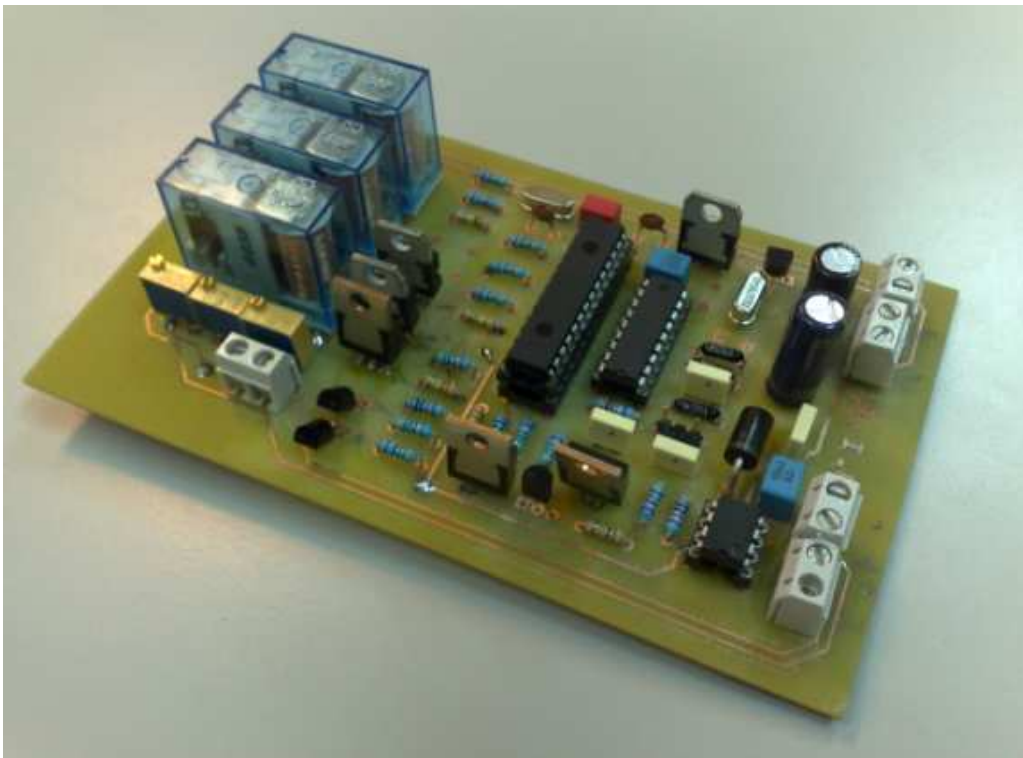


Figura 2.23 Placa de control.

La placa electrónica tiene las siguientes partes:

- Alimentación.
- Recepción de datos y tratamiento de señal.
- Sistema de control.
- Iluminación

2.3.2 Alimentación.

Para la alimentación de todo el sistema se ha utilizado el circuito que se muestra en la figura 2.24. Se trata de un regulador LM2675 con todos los componentes necesarios para su configuración. Es capaz de dar hasta un amperio, y la misión principal es entregar una tensión estable de 3,3 voltios para alimentar el microcontrolador, el filtro de tonos DTMF y para polarizar los transistores en conmutación que controlan los relés de cambio de sentido de giro. Su utilización fue debida a la idea inicial de utilizar esta fuente para la alimentación de la iluminación, siendo desechada finalmente y utilizando la alimentación principal (12V). Se mantiene el circuito para posteriores aplicaciones que requieran algo de potencia.

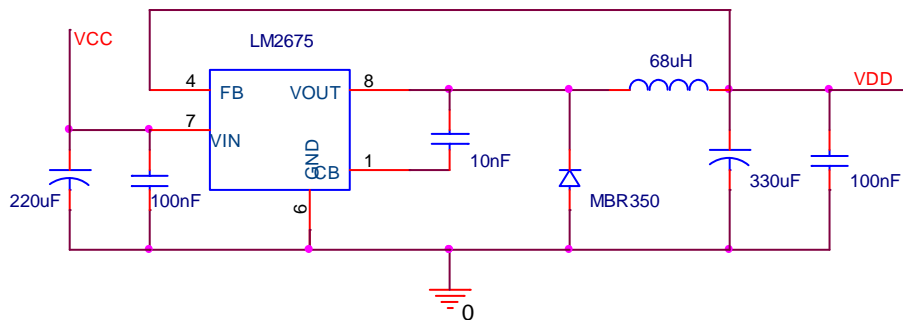


Figura 2.24 Circuito de alimentación.

2.3.3 Recepción de datos.

Antes de nada haremos referencia al efecto clave en el funcionamiento de la transmisión de los distintos códigos necesarios para controlar remotamente el sistema. Cuando se ha establecido una comunicación telefónica en la que dos usuarios están manteniendo una conversación, si cualquiera de ellos pulsa una tecla, obsérvese que el tono correspondiente a ese número viaja hasta el teléfono del otro usuario siendo percibida por este y fácilmente reconocible como una frecuencia específica. En este efecto se basa la transmisión de la información en el S.I.R. y aquí se procede a explicar su tratamiento.

Es por lo anterior que la parte destinada a la recepción de los tonos está formada enteramente por un teléfono comercial integrado en el vehículo, en el caso concreto de este proyecto se usa el modelo htc Diamond de la casa HTC.



Figura 2.25 Teléfono integrado en el SIR.

Aprovechamos la tecnología existente en un campo ampliamente conocido como es el de la telefonía móvil para emitir y recibir las ordenes del usuario en forma de números de un teclado. El proceso se resume de la siguiente manera.

Inicialmente el usuario realiza la llamada desde el teléfono remoto al teléfono integrado que esta configurado para responder automáticamente, pulsa desde el teléfono remoto la tecla correspondiente a la acción deseada en el S.I.R. según la siguiente relación:

2. Marcha hacia delante
3. Elevar cámara
4. Giro izquierda
5. Parada.
6. Giro derecha.
7. Encender/Apagar luz frontal
8. Marcha Hacia atrás
9. Bajar cámara



El tono correspondiente a cada numero viaja hasta el teléfono integrado, este se configura para trabajar en modo manos libres con auricular, y por lo tanto dicho tono, al igual que la voz, se emite por el auricular del manos libres. Este auricular se ha sustituido por un conector para hacer llegar la frecuencia audible del tono a la placa electrónica, concretamente a la parte de la recepción de los tonos o decodificador DTMF mostrado en el esquema de la figura 2.27.



Figura 2.26 Manos libres para placa de control.

Por ello cualquier otro teléfono con manos libres por auricular podría servir para este propósito, siempre y cuando tenga la posibilidad de configurarse para cumplir dos condiciones. Primero, respuesta automática en modo manos libres y segunda que permita enviar video sin pedir permiso por teclado.

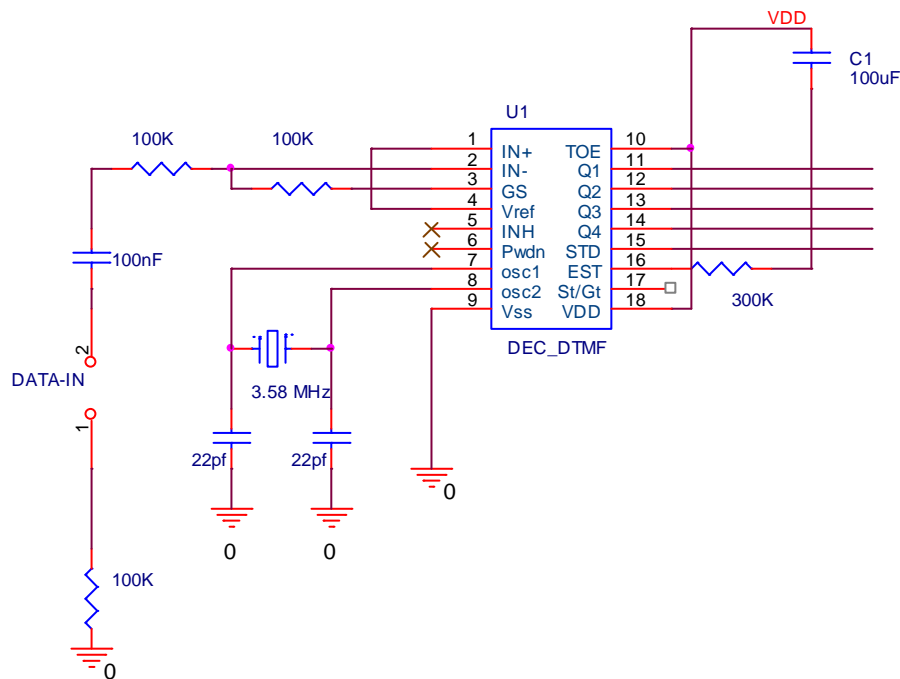


Figura 2.27 Circuito de decodificación del tono.

DTMF significa: Tonos Duales de multifrecuencia. Una señal DTMF generada por cualquier dispositivo, es en sí la suma de dos ondas sinusoidales con diferentes frecuencias.

Este decodificador posee excelentes características en cuanto a su relación costo/prestaciones. Con sólo un circuito integrado (cuyo precio no supera los 3 euros) y un puñado de componentes externos discretos se obtiene un dispositivo capaz de entregar el código binario a su salida.

El circuito desarrollado para la decodificación del tono se ha realizado siguiendo las especificaciones del fabricante para su uso.

Un sistema de este tipo usa pares de tonos para representar los diferentes números del teclado, es decir, existe un par de tonos asociado a cada botón, un tono bajo y un tono alto. En la tabla 2.1 se muestra la distribución de frecuencias en un teclado completo, los tonos bajos varían con la línea horizontal, mientras que los tonos altos lo hacen con la vertical.

| | 1209 Hz. | 1336 Hz. | 1477 Hz. | 1633Hz. |
|---------|----------|-----------|----------|---------|
| 697 Hz. | 1 | ABC 2 | DEF 3 | A |
| 770 Hz. | GHI 4 | JKL 5 | MNO 6 | B |
| 852 Hz. | PRS 7 | TUV 8 | WXY 9 | C |
| 941 Hz. | * | Oper 0 | # | D |

Tabla 2.1 Diagrama de distribución de los pares de frecuencia para DTMF.

2.3.3.1 Características generales del sistema DTMF

Los tonos DTMF se dividen en dos tipos de códigos; el código estándar y el extendido. El código estándar de DTMF comprende los números (0-9) y los símbolos * y #; mientras que el código extendido agrega al código estándar las letras (A-D). Sin duda el código estándar es el más usado en la industria, principalmente por su aplicación en los teléfonos; en nuestro país, se ha incrementado el uso de los tonos gracias a la conversión de líneas analógicas por digitales, permitiendo aplicaciones de selección automática de opciones en empresas, así como en el servicio información a clientes y/o usuarios de empresas principalmente.

El código extendido fue creado en la red telefónica Autovon del ejército de los Estados Unidos. El uso que se le daba a este código era para establecer un nivel de prioridad en la llamada (siendo “A” el más alto nivel de prioridad), permitiendo así cortar una llamada, de cierta línea telefónica, con un cierto nivel de prioridad menor al de la llamada entrante. Actualmente estos botones se usan principalmente en aplicaciones especiales como repetidores de radio amateur para su control de

señalización. Los MODEMs y los circuitos de DTMF están tendiendo a incluir estos tonos, aunque todavía no están siendo usados en servicios públicos generales, por lo que pasarán años antes de que estos tonos se puedan usar en líneas de servicios de información a clientes (entre otros), debido a que dichos sistemas deben ser compatibles con el código de 12 dígitos.

De la figura anterior podemos observar que cuando se presiona el número 3 (por ejemplo) se genera una suma de dos ondas sinusoidales con frecuencias de 697 y 1477 Hz. Respectivamente, que son las que representan a dicho número. De esta manera cualquier sistema puede decodificar un número a través de sus frecuencias asignadas.

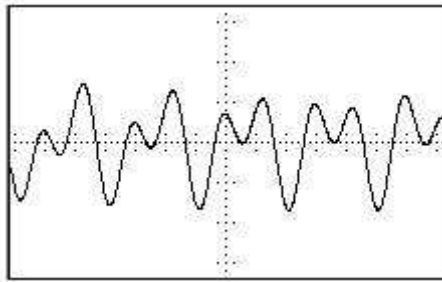
Las frecuencias de los tonos fueron diseñadas para evitar armónicos y otros problemas que pueden surgir cuando dos tonos son enviados y recibidos. Es muy importante asegurar una transmisión y recepción precisa, libres de errores en el proceso de comunicación de transmisor-receptor para que el sistema funcione adecuadamente, por lo que los tonos deben estar en un rango de $\pm 1.5\%$ de su valor nominal, la frecuencia alta debe estar, por lo menos, al mismo nivel de potencia que la frecuencia baja; aunque es recomendable que la frecuencia alta esté 3 dB por arriba de la frecuencia baja, con un máximo de 4 dB.

Los decodificadores de DTMF más usados, generan un código binario en su salida, que corresponde al número captado a través de su entrada analógica.

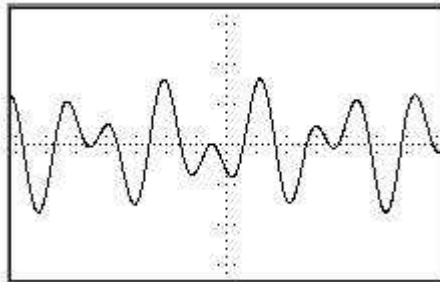
2.3.3.2 Formas de onda DTMF.

Con el fin de enfatizar la diferencia entre las diferentes señales DTMF, a continuación se muestra la forma de onda para la suma de cada par de tonos del código estándar:

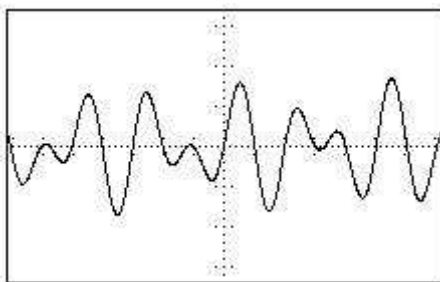
1



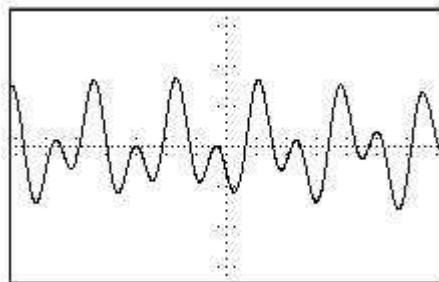
2



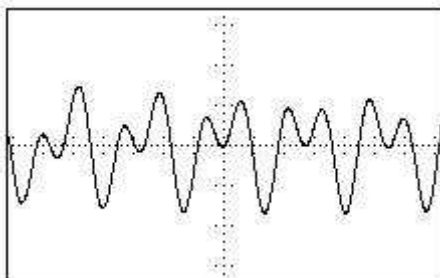
3



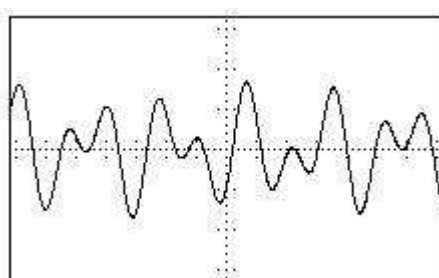
4



5



6



7

8

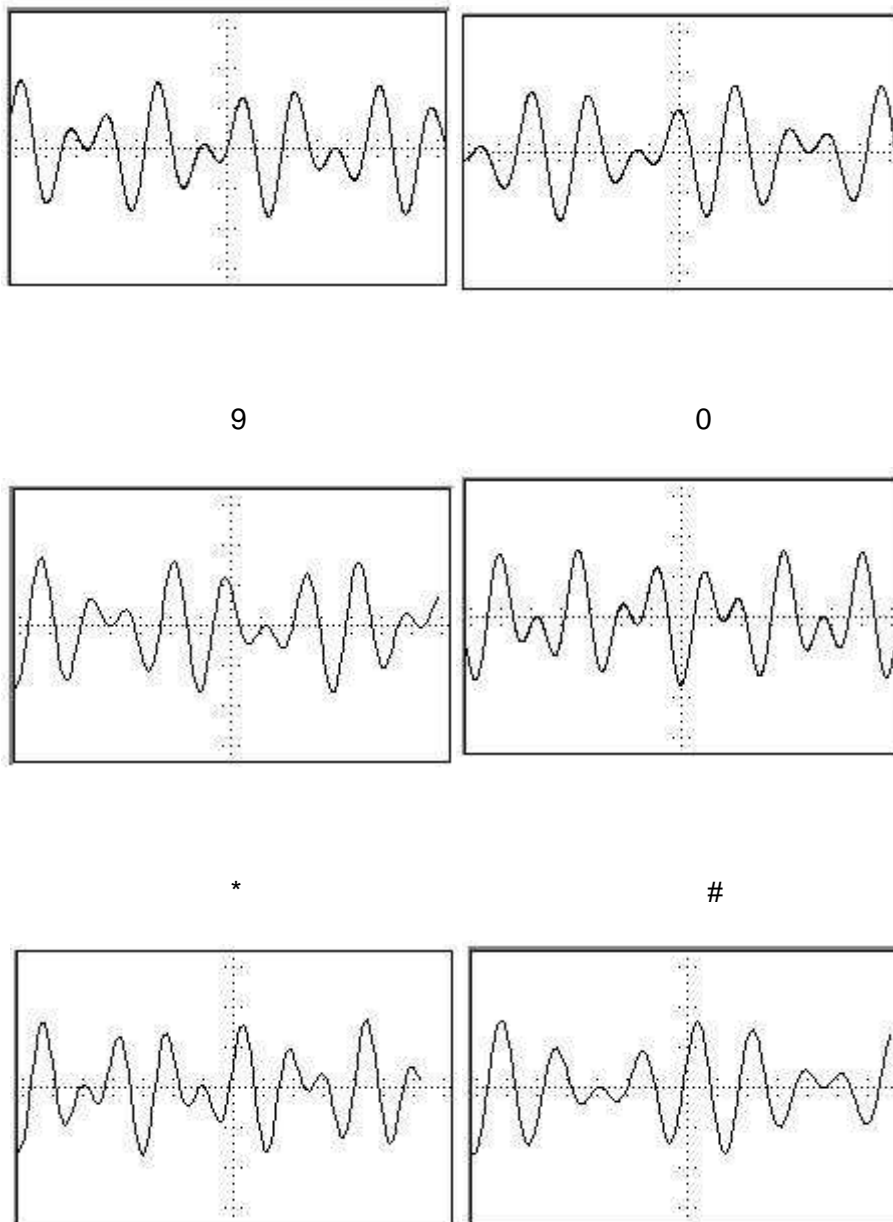


Figura 2.28 Forma de onda de tonos del código estándar.

Cabe mencionar que debido a las características de los tonos DTMF, se pueden utilizar en sistemas de transmisión cuyos requerimientos nos conduzcan a la necesidad de dispositivos confiables (alámbricos e inalámbricos). Además se observa la versatilidad que tienen intrínsecos los tonos DTMF, por lo que pueden ayudar para que un sistema adopte esas mismas características multitareas.

| Parámetros | Valores |
|--|--|
| Frecuencia de señales. | Grupo bajo: 697, 770, 852, 941 Hz. |
| | Grupo alto: 1209, 1336, 1477, 1633 Hz. |
| Tolerancia de frecuencia. | < 1.8% |
| Niveles de potencia por frecuencia. | 0 a -25dBm. |
| Diferencia de potencia entre señales. | +4dB a -8dB. |
| Duración mínima de la señal. | 40 ms (para ser aceptada). |
| Pausa mínima entre dígitos. | 40ms. |
| Tolerancia al ruido. | -12dB. |
| Nivel alto de voltaje de entrada mínimo. | 3.5 Volts. |
| Nivel bajo de voltaje de entrada máximo. | 1.5 Volts. |
| Señal simulada por voz en el sistema. | Para los códigos 0-9, 1 falsa por cada 3000 llamadas. Para los códigos 0-9, *, #, 1 falsa por cada 2000 llamadas. Para los códigos 0-9, *, #, A-D, 1 falsa por cada 1500 llamadas. |
| Interferencia por ecos. | Debe tolerar ecos retrasados más de 20ms. Y con al menos 10 dB de atenuación. |

Tabla 2.2 Parámetros principales de los DTMF.

Al ser utilizados los DTMF en sistemas telefónicos, es muy importante que se eviten los errores por simulación de voz, ya que como vemos en la siguiente figura, algunas frecuencias utilizadas por el sistema corresponden al rango de frecuencias cubiertas por la voz. Se conoce que las frecuencias más bajas alcanzadas por la voz humana son del orden de 80 Hz, mientras que un soprano puede alcanzar frecuencias de hasta 1200Hz.

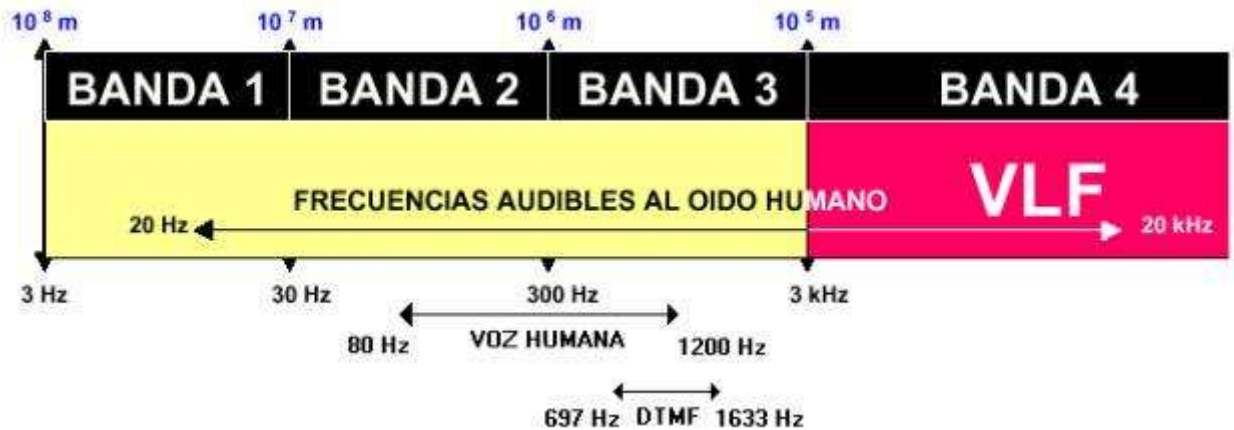


Figura 2.29 Ancho de Banda de los DTMF y de la voz humana.

Con el objeto de tener una mejor idea del comportamiento de la señal y de sus características, se procede a mostrar una simulación en PSpice de la generación de tonos con los parámetros antes mencionados, utilizando para ello y como ejemplo el número uno.

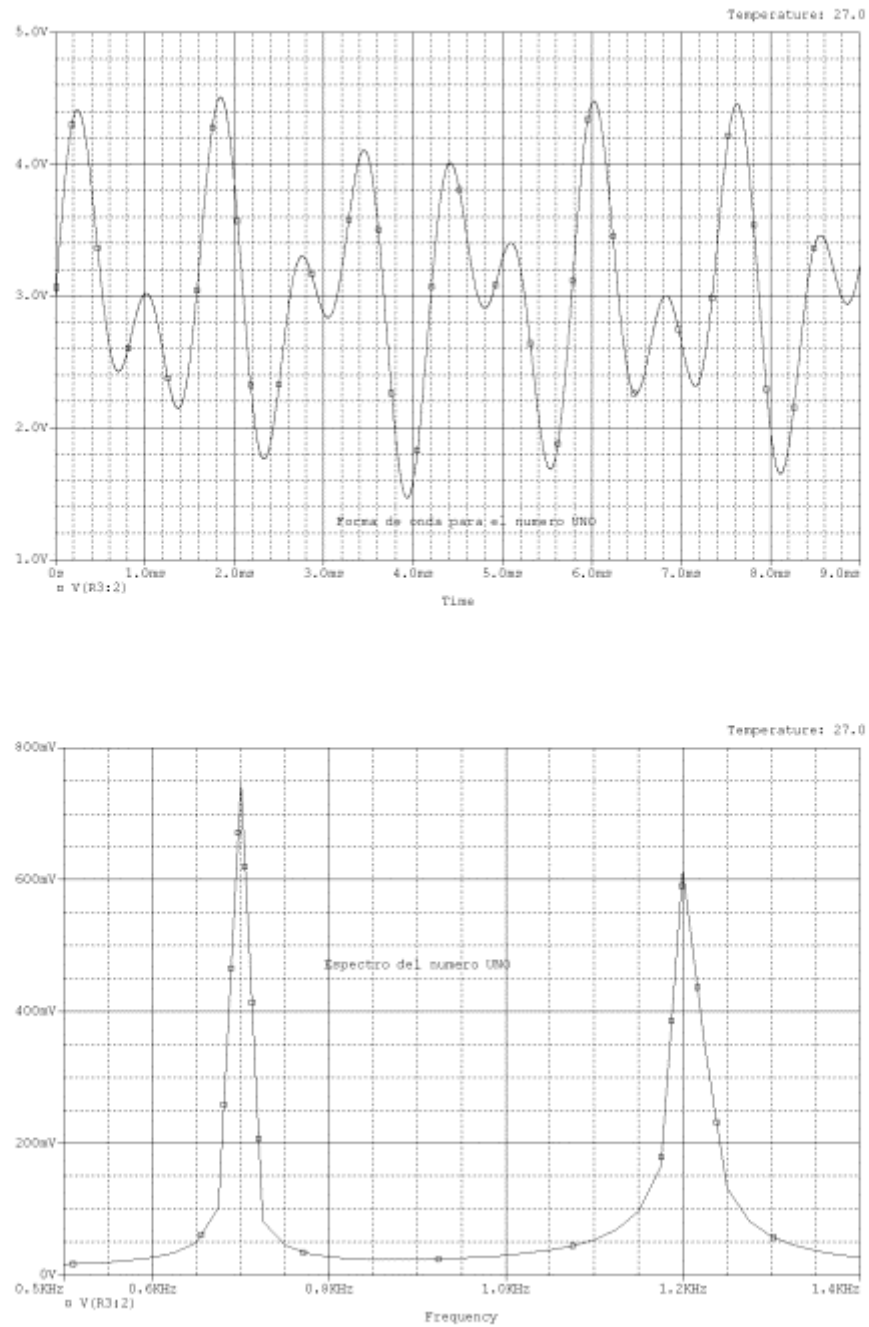


Figura 2.30 Forma de onda y espectro de la suma de señales para la tecla 1.

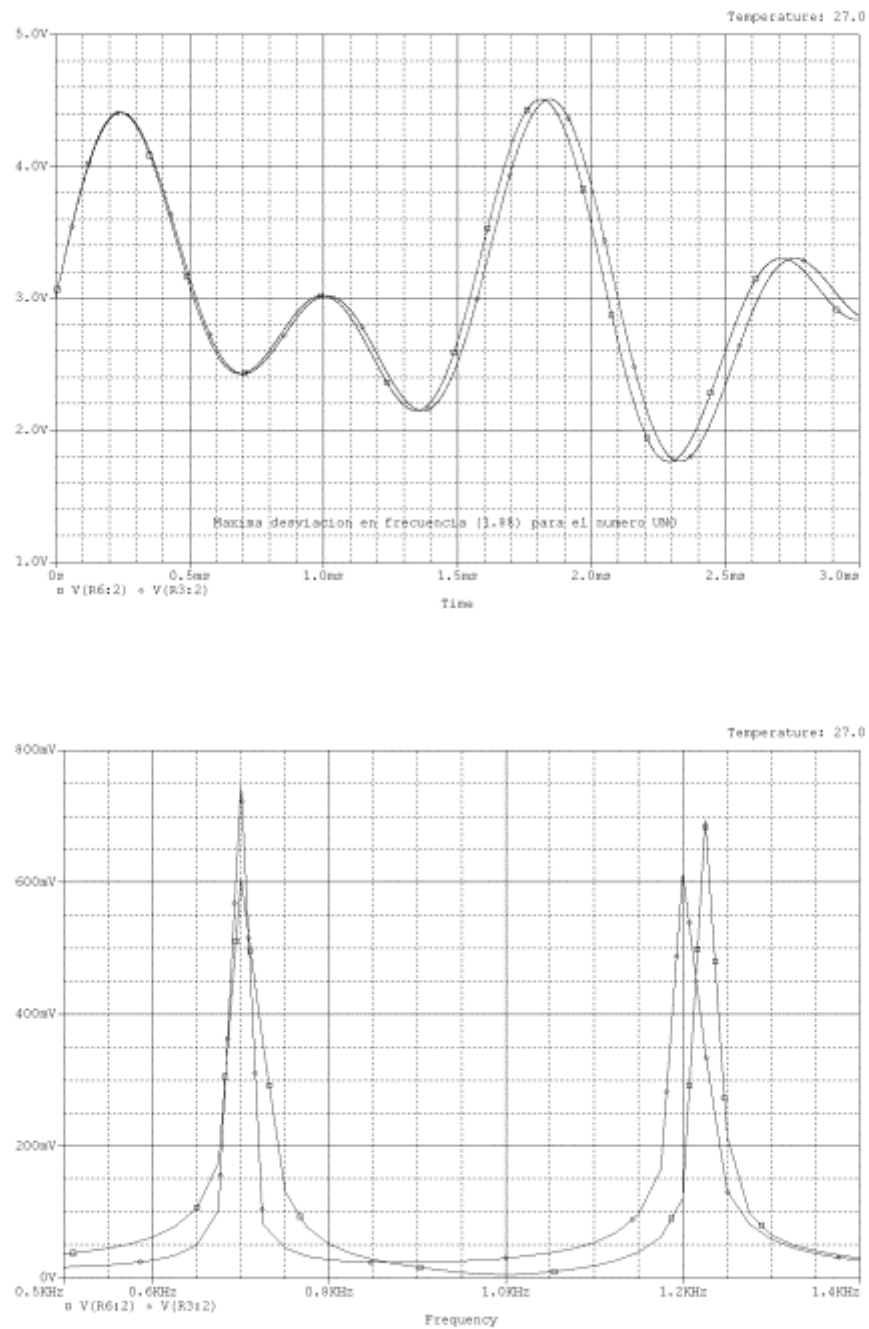


Figura 2.31 Máxima desviación de frecuencia para la tecla 1.

Simulación de la máxima desviación de frecuencia donde se observa que el nivel de voltaje de una señal con respecto de la otra varía en el orden 50mV (la variación es considerable).

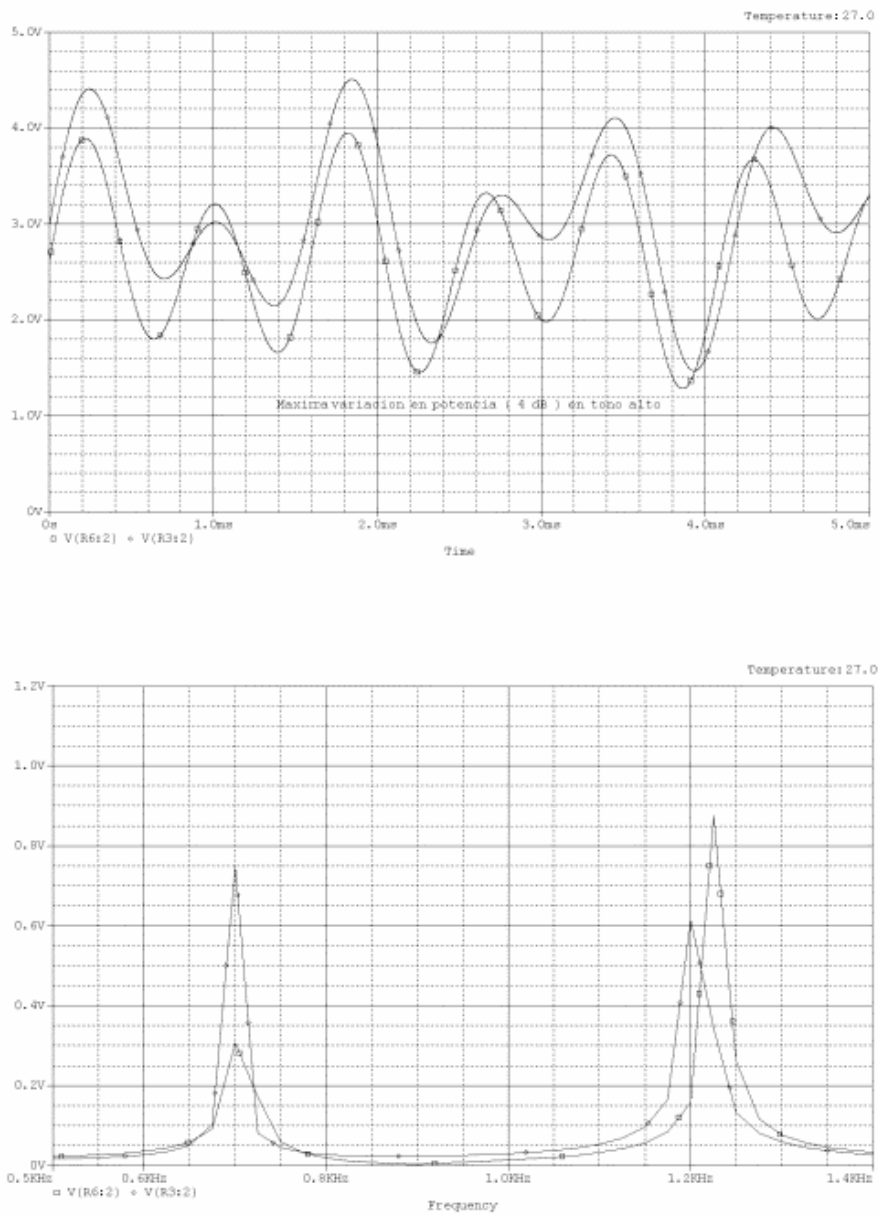


Figura 2.32 Máxima diferencia de potencia para la tecla 1.

Se muestra la máxima diferencia de potencia entre tonos (con el tono alto de 1208Hz, 4 dB por arriba del tono bajo de 697Hz, analizando el voltaje en la señal); se observa que el nivel de voltaje varía mucho. La variación de voltaje con respecto de la potencia, se puede constatar de forma más clara viendo el espectro de la señal.

Finalmente, se muestra la forma y duración mínima de la señal para ser aceptada por el CI 8870, en esta se observa que la señal conserva ciertos rasgos parecidos cada 5.79ms aproximadamente, sin embargo el nivel de voltaje entre muestra y muestra varía considerablemente. En este punto se puede entender porque algunos dispositivos detectores de tonos utilizan comparadores de fase para tal efecto

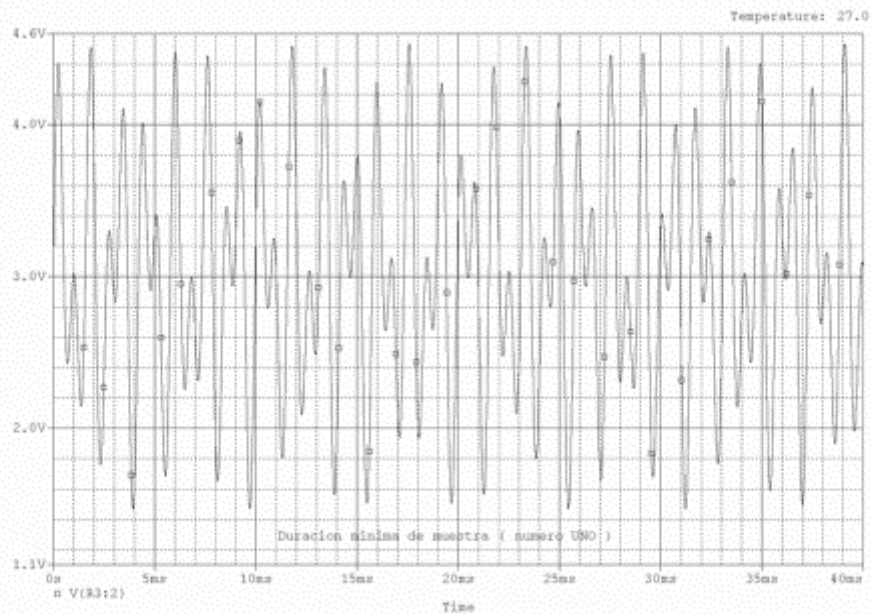


Figura 2.33 Forma y duración mínima apta para el DTMF para la tecla 1.

2.3.3.3 Expresión matemática del DTMF.

También surgió la necesidad de obtener una expresión matemática para representar a los DTMF, con el fin de poder establecer una estrategia más eficaz para decodificar DTMF con software, por lo que se realizó el siguiente análisis:

Sabemos que los DTMF son una suma de frecuencias del tipo:

$$\text{Cos}(A) + \text{Cos}(B) \quad (1)$$

Por lo que partimos de la identidad trigonométrica

$$\text{Cos}(u+v) + \text{Cos}(u-v) = 2\text{Cos}(u)\text{Cos}(v) \quad (2)$$

De esta manera

$$\text{Cos}(u+v) + \text{Cos}(u-v) = \text{Cos}(A) + \text{Cos}(B) \quad (3)$$

Se debe cumplir que

$$A = u + v$$

$$B = u - v \quad (4)$$

Por lo tanto

$$u = \frac{1}{2}(A+B)$$

$$v = \frac{1}{2}(A-B) \quad (5)$$

Entonces

$$\begin{aligned} \text{Cos}(u+v) + \text{Cos}(u-v) &= (\text{Cos}(u)\text{Cos}(v) - \text{Sen}(u)\text{Sen}(v)) + (\text{Cos}(u)\text{Cos}(v) + \text{Sen}(u)\text{Sen}(v)) \\ \text{Cos}(u+v) + \text{Cos}(u-v) &= 2\text{Cos}(u)\text{Cos}(v) \end{aligned}$$

(6)

Sustituyendo u y v en términos de A y B tenemos

$$2\text{Cos}(u)\text{Cos}(v) = 2\text{Cos}\left(\frac{1}{2}(A+B)\right)\text{Cos}\left(\frac{1}{2}(A-B)\right) \quad (7)$$

Sabemos que A y B están en radianes, por lo que despejando tenemos:

$$2\cos(u)\cos(v) = 2\cos\left(\frac{2\pi}{2}(A+B)\right)\cos\left(\frac{2\pi}{2}(A-B)\right) \quad (8)$$

$$2\cos(u)\cos(v) = 2\cos(\pi(A+B))\cos(\pi(A-B)) \quad (9)$$

Donde A y B son las frecuencias bajas y altas de las normas DTMF mencionadas anteriormente en Hercios.

Para corroborar los resultados obtenidos, se utiliza la ecuación (9) para realizar la gráfica en Matlab y ver la similitud con las simulaciones realizadas en Workbench para mostrar la forma de onda de los DTMF, comprobando la similitud entre teoría y práctica obteniendo los siguientes resultados:

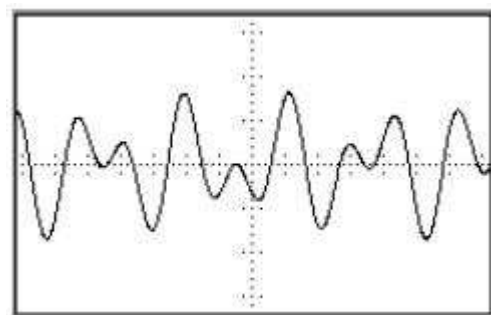
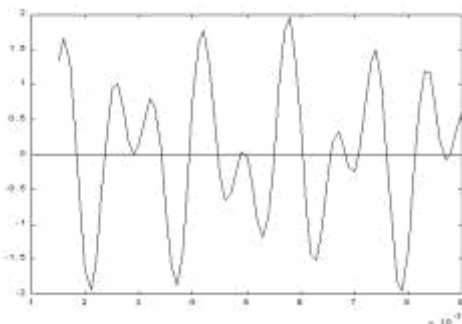


Figura 2.34 Comparación de resultados en Matlab y Workbench para la tecla 1.

2.3.4 Sistema de control.

2.3.4.1 El microcontrolador.

Sin duda el componente mas importante de todo el sistema, se trata de un PIC16F876A y mediante una programación determinada, recoge los datos binarios a la salida de la etapa de recepción (decodificador DTMF) para a su salida controlar los motores encargados del movimiento del sistema, mediante relés y transistores que en este apartado iremos nombrando y explicando.



Figura 2.35 Microcontrolador PIC

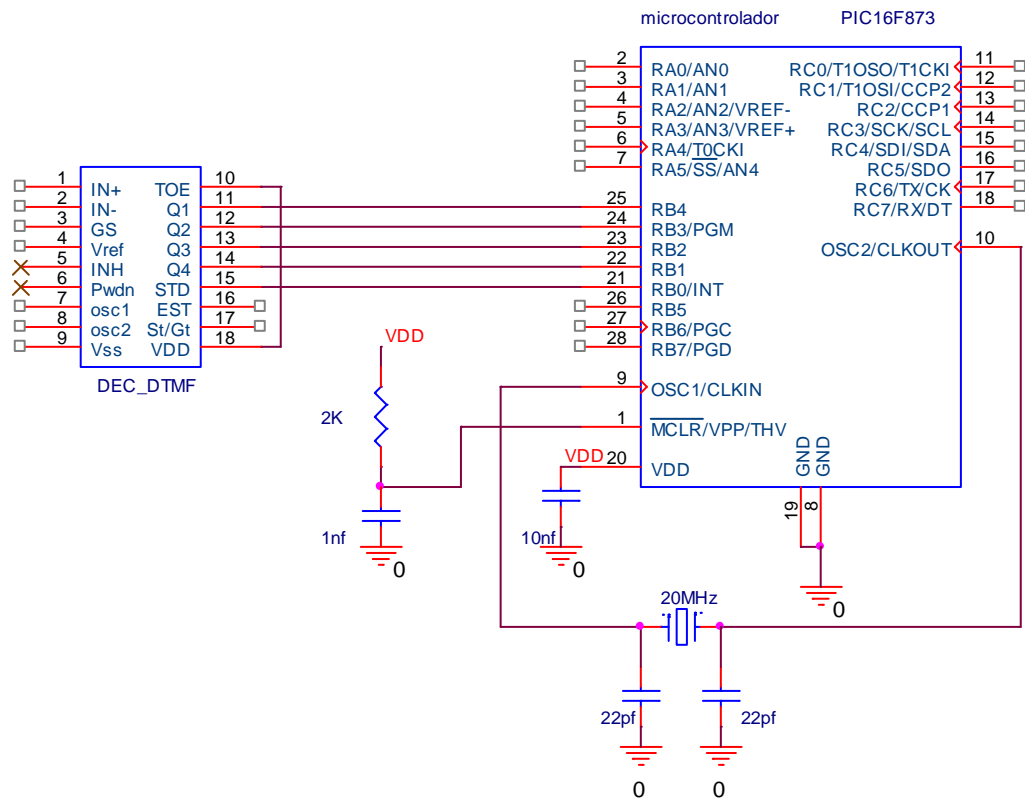


Figura 2.36 Conexión decodificador y microcontrolador.

Cuando el dato entrante requiere el movimiento del sistema en alguna dirección concreta entran en juego dos parámetros, dirección y velocidad, que a continuación se procede a explicar como afectan y se controlan.

2.3.4.2 Dirección.

Cuando el robot ha de desplazarse en cualquier dirección las dos ruedas motrices deben, dependiendo de la dirección seleccionada, girar en un sentido u otro. Así por ejemplo si queremos que avance, los dos motores de las ruedas deberán girar hacia delante, pero si queremos que gire sobre si mismo hacia la derecha, la rueda derecha deberá girar hacia atrás y la izquierda hacia delante, al contrario para girar a la izquierda y ambos motores hacia atrás para retroceder linealmente.

Este sistema de dirección es perfecto para la misión del S.I.R. pues al tener la cámara, mas o menos en el centro del vehiculo, podremos observar el entorno girando 360° sin avanzar, y una vez seleccionada la nueva dirección retomar la marcha si se desea.

Para seleccionar el sentido de giro de los motores se ha utilizado un relé de doble circuito para cada motor. Con este sistema podemos controlar el sentido de cada motor con una sola salida de los puertos disponibles del microcontrolador. En el siguiente esquema se muestran las conexiones que hacen posible este sistema de control.

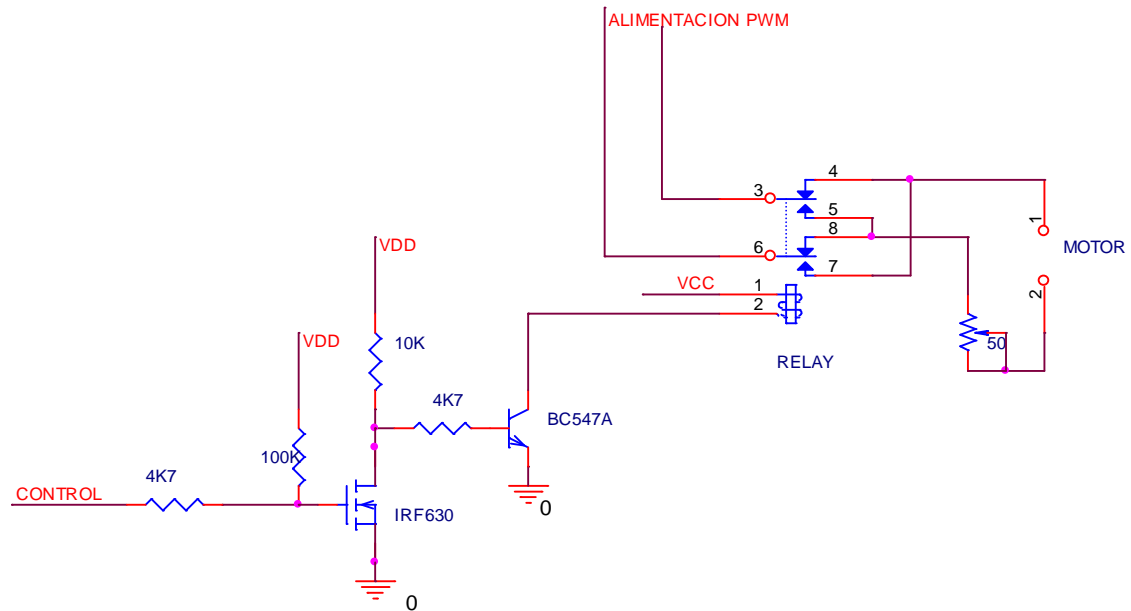


Figura 2.37 Circuito excitación de relé.

La salida adecuada del microcontrolador entrega, a nivel alto, una tensión de 3,3 voltios y cero voltios a nivel bajo, que llegan al hilo de CONTROL del esquema mostrado, haciendo, a través de los transistores IRF630 y BC547A que la bobina del relé tenga o no camino a masa para cambiar así la polaridad de la alimentación pwm del motor.

Observando el circuito de la figura es necesario comentar que la activación del relé se produce cuando llega un nivel bajo al hilo de control, esto es porque hemos utilizado una lógica negativa para la excitación del relé, debido a que, el microcontrolador, tras un reset, activa todos los periféricos E/S a nivel alto, esto provocaba un pico de corriente en la arrancada del sistema y como consecuencia un consumo inicial alto que podría a la larga ser peligroso para algunos componentes que conforman la placa.

2.3.4.3 Velocidad.

Dependiendo del movimiento que el usuario desee que realice el robot, los motores deberán actuar a una velocidad u otra y para ello se ha optado por un control de velocidad mediante variación de la tensión de alimentación.

La forma óptima de variar la tensión a la entrada del motor será la modulación de anchura de pulsos o PWM que a continuación se explica brevemente.

El circuito desarrollado se ha basado en la elección del componente cuyas características sean una frecuencia de conmutación mayor que la impuesta por la PWM que son 2500 Hz.

Precisamente los mosfet tienen una frecuencia de conmutación muy alta y otra característica importante, son capaces de soportar una corriente alta por su canal, algo importante ya que dicho mosfet se encargará de alimentar mediante la señal PWM a los dos motores de desplazamiento y por ello tiene que soportar la corriente consumida por estos.

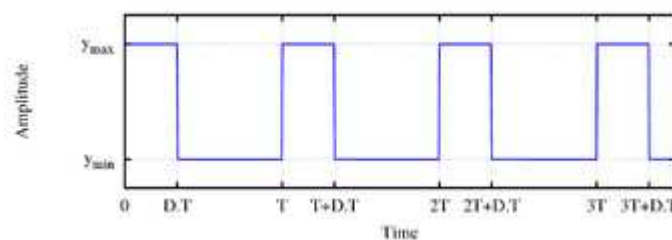


Figura 2.38 Señal PWM.

La **modulación por ancho de pulsos (MAP o PWM**, siglas del inglés Pulse-Width Modulation) de una señal o fuente de energía es una técnica en la que se modifica el ciclo de trabajo de una señal periódica (una sinusoidal o una cuadrada, por ejemplo), ya sea para transmitir información a través de un canal de comunicaciones o para controlar la cantidad de energía que se envía a una carga y este ultimo es el caso que nos ocupa.

La **Regulación por Ancho de Pulso** de un motor de CC está basada en el hecho de que si se recorta la CC de alimentación en forma de una onda cuadrada, la energía que recibe el motor disminuirá de manera proporcional a la relación entre la parte alta (habilita corriente) y baja (cero corriente) del ciclo de la onda cuadrada. Controlando esta relación se logra variar la velocidad del motor de una manera bastante aceptable.

El ciclo de trabajo de una señal periódica es el ancho relativo de su parte positiva en relación con el período. Expresado matemáticamente:

$$D = \frac{\tau}{T}$$

D es el ciclo de trabajo

τ es el tiempo en que la función es positiva (ancho del pulso)

T es el período de la función

En la actualidad existen muchos circuitos integrados en los que se implementa la modulación PWM, además de otros muy particulares para lograr circuitos funcionales que puedan controlar fuentes conmutadas, controles de motores, controles de elementos termoelectrónicos, choppers para sensores en ambientes ruidosos y algunas otras aplicaciones.

La modulación por ancho de pulsos es una técnica utilizada para regular la velocidad de giro de los motores eléctricos de inducción o asíncronos. Mantiene el par motor constante y no supone un desaprovechamiento de la energía eléctrica. Se utiliza tanto en corriente continua como en alterna, como su nombre lo indica, al controlar: un momento alto (encendido o alimentado) y un momento bajo (apagado o desconectado), controlado normalmente por MOSFET o tiristores.

Otros sistemas para regular la velocidad modifican la tensión eléctrica, con lo que disminuye el par motor; o interponen una resistencia eléctrica, con lo que se pierde energía en forma de calor en esta resistencia.

Otra forma de regular el giro del motor es variando el tiempo entre pulsos de duración constante, lo que se llama modulación por frecuencia de pulsos.

En los motores de corriente alterna también se puede utilizar la variación de frecuencia.

La construcción típica de un circuito PWM se lleva a cabo mediante un comparador con dos entradas y una salida. Una de las entradas se conecta a un oscilador de onda dientes de sierra, mientras que la otra queda disponible para la señal moduladora. En la salida la frecuencia es generalmente igual a la de la señal dientes de sierra, y el ciclo de trabajo está en función de la portadora.

Algunos parámetros importantes de un PWM son:

- La relación de amplitudes entre la señal portadora y la moduladora, siendo recomendable que la última no supere el valor pico de la portadora y esté centrada en el valor medio de ésta.
- La relación de frecuencias, donde en general se recomienda que la relación entre la frecuencia de la portadora y la de señal sea de 10 a 1.

En nuestro caso será el microcontrolador el encargado de generar la señal PWM y entregarla por una de sus patillas, mediante su programación podremos, según la operación deseada, aumentar o reducir el ciclo de trabajo para elevar o disminuir la velocidad de los motores. El microcontrolador no es capaz de entregar la potencia necesaria para alimentar los motores, puesto que en sus puertos de salida encontramos un máximo de solo 3,3 voltios, por ello es necesario tratar esta señal PWM y amplificarla mediante el circuito que se muestra en la siguiente imagen.

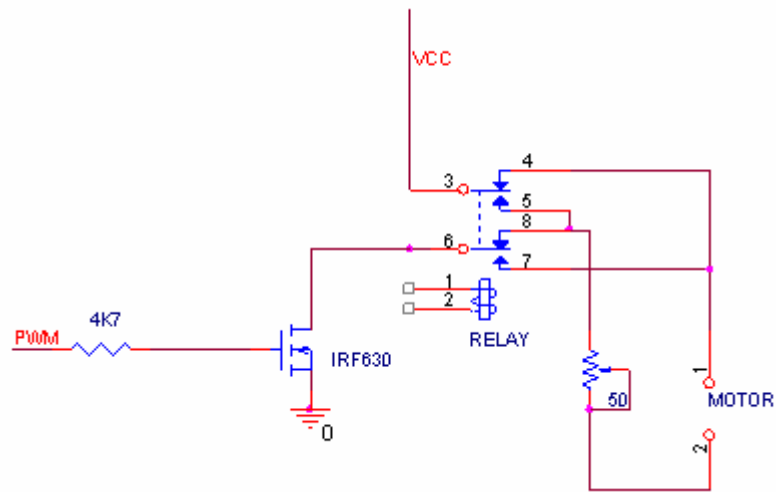


Figura 2.39 Circuito PWM.

Se añade un potenciómetro de 50 ohm en serie a cada motor para poder tener un ajuste fino sobre la velocidad de cada motor.

2.4 Peso

En este apartado se pretende presentar el peso por separado de cada una de las partes que conforman el sistema.

| PARTE | cantidad | PESO (gr.) |
|-------------------------|----------|------------|
| Chasis | 1 | 120 |
| Puente de sustentación | 1 | 150 |
| Teléfono móvil | 1 | 135 |
| Motor de desplazamiento | 2 | 165 |
| Motor teléfono cámara | 1 | 140 |
| Piezas unión | 2 | 50 |
| Ruedas | 2 | 75 |
| Rueda loca | 1 | 60 |
| Placa de control | 1 | 200 |
| Batería | 1 | 250 |
| Total | | 1.635 |

Tabla 2.3 Pesos

3 . Presupuesto



SIR

| INSPECTION REMOTE SYSTEM PROYECT | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|--------------------------------|-------------------|---|-----------------------|------------------|----------|-------------------------|---------------|--------------|----------------|
| S R. N O. | COMPON ENT REFEREN CE | DESCRPTIO N | SPECIFICATIONS | PART NUMBER | MANUFACTURE R | PROVIDER | PROVIDER PART NUMBER | PACKAG E | QUAN TITY | TOTAL PRICE |
| 1 | C1 | Condensador | 100uF/25V +/-20% | ECA1EHG101 | PANASONIC | RS | 365-4127 | | 1 | 0,208 |
| 2 | C2,C5,C8 | Condensador | 100nF/63V 10% | MKS2 .1U 63K | WIMA | RS | 108-2384 | | 3 | 0,330 |
| 3 | C3 | Condensador | 1nf/100V 5% | FKP2 5% 1NF | WIMA | RS | 438-5260 | | 1 | 0,370 |
| 4 | C4 | Condensador | 330uF/6.3V 10% | EEUFC0J331 S | PANASONIC | RS | 571-094 | | 1 | 0,290 |
| 5 | C6 | Condensador | 10nF/63V 10% | PFR5103J63L 4 BULK | EVOX-RIFA | RS | 240-4690 | | 1 | 0,306 |
| 6 | C7 | Condensador | 220uF/25V +/-20% | ECA1EHG221 | PANASONIC | RS | 365-4133 | | 1 | 0,252 |
| 7 | C10,C11 , C12,C13 | Condensador | 22pF/100V +/-5% | 5AK220JABAI | AVX | RS | 405-7612 | | 4 | 0,380 |
| 8 | D1 | Diodo Schottky | 50V 3A | MBR350 | VISHAY | RS | 469-2164 | | 1 | 0,357 |
| 9 | J1 | Conector | LIGHT_JUMPER | | | RS | | JUMPER2 00 | 1 | 0,000 |
| 10 | J2 | Conector | IN_DEC_JUMPER | | | RS | | JUMPER2 00 | 1 | 0,000 |
| 11 | J3 | Conector | ENGINE1_JUMPE R | | | RS | | JUMPER2 00 | 1 | 0,000 |
| 12 | J4 | Conector | ENGINE2_JUMPE R | | | RS | | JUMPER2 00 | 1 | 0,000 |
| 13 | J5 | Conector | ENGINE3_JUMPE R | | | RS | | JUMPER2 00 | 1 | 0,000 |
| 14 | RLY1, RLY2, RLY3 | Relé | Coil voltage = 12 V;Coil Current = 54mA; Contact ratings: 6 A, 230 | 4452 9012 | FINDER | RS | 253-4139 | | 3 | 11,670 |



| | | | Vac | | | | | | | |
|----|---|----------------------|---|-----------------------|---------------------------------|----|----------|--|----|-------|
| 15 | L1 | Bobina | 68uH/1A | ELC09D680F | PANASONIC | RS | 540-8617 | | 1 | 0,548 |
| 16 | M1,M2, M3,M4, M5,M6 | Mosfet N- Channel | Vgs min.=2V; Rdson Max.= 0,4R; | IRF630 | STMicroelectronic s | RS | 486-0171 | | 6 | 4,368 |
| 17 | Q1 | Transistor - NPN | Vce(max) = 45 V, Ic = 0.8 A; NPN ;hfe(min) = 100; | BC337 | FAIRCHILD SEMICONDUCT ORS | RS | 131-1430 | | 1 | 0,100 |
| 18 | Q2,Q3,Q 4 | Transistor - NPN | Vce(max) = 45 V, Ic = 0.1 A; NPN ;hfe(min) = 110; | BC547 | FAIRCHILD SEMICONDUCT ORS | RS | 296-087 | | 3 | 0,168 |
| 19 | R1,R6,R 9,R16, R21,R26 | Resistencia | 10K_0.25W_0.1%_ 15PPM°C | MRA020710K BTA015 | ARCOL | RS | 487-7141 | | 6 | 5,076 |
| 20 | R2,R4,R 7,R8, R13,R19 ,R20, R24,R28 | Resistencia | 100K_0.25W_0.1%_ 15PPM°C | MRA0207100 KBTA015 | ARCOL | RS | 487-8217 | | 9 | 7,614 |
| 21 | R3,R5,R 10,R12, R14,R22 ,R23, R25,R29 ,R30 | Resistencia | 4K7_0.25W_0.1%_ 15PPM°C | MRA02074K7 5BTA015 | ARCOL | RS | 487-6801 | | 10 | 8,460 |
| 22 | R11 | Resistencia | 300K_0.25W_0.1%_ 15PPM°C | MRA0207301 KBTA015 | ARCOL | RS | 487-8661 | | 1 | 0,846 |
| 23 | R15 | Resistencia | 2K_0.25W_0.1%_1 5PPM°C | MRA02072KB TA015 | ARCOL | RS | 487-6407 | | 1 | 0,846 |
| 24 | R17,R18 ,R27 | Resistencia | 50Ohm | 64Y-500 | VISHAY | RS | 154-2347 | | 3 | 3,960 |
| 25 | U1 | Decodificador | DEC_DTMF | MT88L70AE | ZARLINK SEMICONDUCT | RS | 245-0463 | | 1 | 4,640 |



SIR

| | | | | | ORS | | | | | |
|----|----------------|----------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------|------|----------|--|---|---------|
| 26 | U2 | Microcontrolador | 8Bit-CMOS FLASH_20MHz | PIC16F876- 20/SP | MICROCHIP | RS | 467-1606 | | 1 | 4,970 |
| 27 | U3 | Regulador | 3,3V 1A | LM2675N- 3.3/NOPB | NATIONAL SEMICONDUCTOR | RS | 533-5070 | | 1 | 7,050 |
| 28 | X1 | Oscilador de cuarzo | 3.579545MHz | HC49SLF_FO XSLF/036S | FOX ELECTRONICS | RS | 547-6159 | | 1 | 0,594 |
| 29 | x2 | Oscilador de cuarzo | 20MHz | HC49/4H_XT AL003185 | RAKON | RS | 226-1869 | | 1 | 0,890 |
| 30 | EG1,EG 2 | Motor de desplazamiento | | | MFA | RS | 454-0849 | | 2 | 31,480 |
| 31 | EG3 | Motor teléfono | | | RS | RS | 389-609 | | 1 | 25,240 |
| 32 | G1,G2 | engranaje | | | RS | RS | 521-6036 | | 2 | 3,380 |
| 33 | SP1 | Soporte móvil | | | - | - | | | 1 | 4,500 |
| 34 | T1,T2 | rueda | | | POLY | POLY | | | 2 | 21 |
| 35 | T3 | rueda loca | | | | | | | 1 | 3,15 |
| 36 | CH1 | Chasis | | | | | | | 1 | 0 |
| 37 | htc diamond | teléfono móvil | | | htc | | | | 1 | 200 |
| | TOTAL | | | | | | | | | 353,043 |

Tabla 3.1 Presupuesto

4 Resultados

4.1 Introducción

En este apartado se detallan los pasos seguidos para la elaboración del presente proyecto. Se presentan los métodos seguidos para la depuración y resolución de los problemas que fueron surgiendo durante todo el proyecto.

Los principales problemas con los que nos hemos presentado los hemos dividido en las dos partes bien diferenciadas de este proyecto, parte mecánica y parte electrónica.

4.2 Parte mecánica

La parte de diseño del vehículo ha sido un reto para nosotros ya que al principio pensamos reutilizar coche teledirigido comercial y controlarlo, encontrándonos el problema de que utilizando el teledirigido comercial teníamos que dotar al teléfono de dos movimientos, uno de rotación vertical y otro de rotación horizontal, si no queríamos perder ángulos en los movimientos, lo cual complico el diseño de acoplamiento del teléfono. En este caso contábamos con un servomotor de dirección, un motor para el desplazamiento y dos motores para las rotaciones del teléfono, todo esto sumaba un consumo bastante alto del sistema y una complejidad de construcción importante y no dudamos al pensar en su reducción, llegando a la conclusión de que uno de los motores no era necesario facilitando así el diseño entero del proyecto. Dando lugar al diseño final el cual cuenta con dos motores de transmisión, uno para cada rueda, dotado de una tercera rueda con dos grados de libertad (loca), y un motor de rotación para el teléfono. Al acoplar el teléfono en el centro del vehiculo y hacerlo girar sobre si mismo, moviendo las dos ruedas motorizadas en sentidos opuestos, podemos barrer todos los ángulos de visión.

Con esto se presentaba la complicación de la velocidad del motor, ya que no nos valía cualquier motor si queríamos arrastrar el peso del sistema a la velocidad deseada, por esta razón se decidió utilizar motores con caja reductora acoplada, que dotan al motor de mas par reduciendo además la velocidad y como se trata de motores continua su control resultaba sencillo.

Así fue como en un principio nos encontramos con un chasis el cual teníamos que adaptar a nuestras necesidades con su forma.

El Montaje requería de un puente de sustentación para el teléfono al que teníamos que dotar de un movimiento de rotación sobre el eje transversal, e decir, que teníamos que contar con el alojamiento del motor de rotación. Al no contar con demasiado espacio en el chasis, la forma del puente tenía que ocupar el mínimo espacio posible, dejando espacio para el montaje de los motores y el alojamiento de la placa, por esto se decide utilizar una estructura en forma de U, con una anchura igual al ancho del chasis.

Para la transmisión del movimiento se ha utilizado un juego de engranajes cónicos oblicuos que permiten transmitir el movimiento de rotación sobre el eje vertical al horizontal.

Otro inconveniente adicional fue el sistema de acoplamiento rueda motor, ya que el acoplamiento original de ambos no era compatible. Esto se soluciono realizando una pieza intermedia que se componga de los dos acoplamientos, dicha pieza fue encargada a un fresador para su realización.

Para equilibrar el peso las baterías se han colocado en la parte trasera del vehículo.

4.3 Parte electrónica.

En esta parte nos hemos encontrado con la complicación del diseño de un circuito para obtener la funcionalidad deseada y de la utilización de los componentes indicados para el correcto funcionamiento del sistema. Al efectuar el montaje de la placa y tras haber escogido los componentes adecuados, nos dimos cuenta probando que un par de componentes no se comportaba de la manera que deseábamos, en concreto, se trataba de los mosfet encargados de amplificar la PWM que el microcontrolador entrega, comprendida entre 0 voltios y 3,3 voltios, a una PWM comprendida entre 0 voltios y 12 voltios.

El problema residía en que el umbral máximo en la puerta del mosfet se encontraba en 3 voltios y nuestra tensión de pico máxima es de 3,3 voltios esto nos hizo sospechar que posiblemente no fuera capaz de reconocerlo bien porque a su salida no lográbamos visualizar la PWM que en su puerta se encontraba, la prueba que realizamos para verificar esto fue aumentar el voltaje de alimentación del micro hasta 4 voltios, hecho que hizo que el transistor funcionara correctamente y que a su salida viéramos por fin la PWM. Por todo esto, llegamos a la conclusión de que, como únicamente el transistor funcionaba cuando la PWM se encontraba en el ciclo de trabajo del 100%, el transistor estaba mal polarizado.

Para solucionarlo, finalmente, tras plantearnos el cambio en la alimentación del micro y el dtmf, lo cual fue desechado instantáneamente por las características de voltaje máximo (3,6 voltios) del dtmf, nos pusimos a buscar otro transistor con un umbral de voltaje de puerta menor de 3 voltios.

El componente escogido y que consigue un correcto funcionamiento posee un umbral de voltaje de puerta de 2 voltios máximo, y con esto quedo solucionado el problema de la PWM y terminada la parte electrónica.



5 Conclusiones y trabajos

futuros

5.1 Conclusiones

El principal objetivo del trabajo global consistía en diseñar y construir un vehículo inspector controlado remotamente mediante un teléfono móvil. Una vez obtenido el modelo, se realizarían dos tipos de control sobre la plataforma y posteriormente se establecerían comparativas entre ambos en términos de robustez y régimen permanente.

El objetivo concreto de este proyecto trata el diseño y construcción de la parte mecánica y electrónica de un sistema de inspección remota mediante vehículo triciclo. Los objetivos se han alcanzado dando lugar a las siguientes conclusiones:

- Se ha desarrollado el diseño de un vehículo triciclo el cual ofrece una amplia movilidad además de una estabilidad bastante buena que según William Mercay, “en las curvas la tercera rueda no encuentra oposición de una cuarta que haga resistencia al desplazamiento, y por ello se posiciona de inmediato. Son más estables tres puntos en forma de triángulo que cuatro puntos de contacto”.
- Se ha diseñado un hardware de control para controlar las distintas funciones que puede realizar el vehículo, intentando en la medida de lo posible, la disminución del consumo.
- Se ha construido una placa de circuito impreso lo mas reducida y ligera posible cumpliendo las especificaciones de diseño. Intentando que sea lo más robusta posible se le ha dado a cada pista el grosor necesario y para cada componente se ha calculado el mínimo de potencia que debería disipar.

5.2 Trabajos futuros

Como desarrollos futuros pueden incluirse las siguientes líneas de estudio:

- Desarrollar un sistema que permita al vehículo reproducir la voz del usuario mediante un altavoz integrado. Éste se activaría y desactivaría al pulsar remotamente alguna de las teclas libres del teléfono.
- Instalar sensores de final de carrera en el soporte del teléfono para evitar posiciones de giro demasiado forzadas e innecesarias que pueden dañar la propia circuitería del sistema.
- Colocar sensores de presencia en el chasis para evitar los choques con obstáculos.
- Dotar al sistema con sensores de presencia de detección de intrusos, para mediante una programación adecuada conseguir que sea el S.I.R. el que llame a un número de teléfono predefinido y así mostrar mediante la video-llamada lo que está sucediendo en el hogar o la zona a vigilar en el momento de exacto del acontecimiento. De esta forma, el sistema no sería solo un inspector cuando el usuario lo solicite, sino que participaría independientemente en la seguridad.
- Desarrollar un entorno vía Internet parecido a “Skype”, para que mediante una video-llamada, se permita el control total del vehículo.
- Introducir un software al teléfono para que permita la comunicación por tonos a través de video llamada. Esto se puede hacer desarrollando una aplicación tipo JAVA o FLASH capaz de trabajar mientras se está realizando la video-llamada, su única función sería reproducir los tonos DTMF al pulsar las teclas del teléfono móvil, al igual que sucede en cualquier llamada normal sin video. Actualmente existen empresas dedicadas a esta tarea como por ejemplo VEEDIA y podrían realizarlo bajo pedido. Se basan en el lenguaje VXML especialmente dedicado a las aplicaciones en video-llamada.

Bibliografía

MANUALES

- [1] "Manual de microcontrolador 16F876"
- [2] "Manual del compilador PIC C Compiler".
- [3] "IC-Prog User's guide".

LIBROS

- [4] "Maquinas Eléctricas", Jesús Fraile Mora.

PROYECTOS FIN DE CARRERA

- [5] "Diseño y Construcción de un Microbot Controlado por Radiofrecuencia", Santiago Rebollo Dabó.
- [6] "Desarrollo de un Robot móvil Controlado desde Internet ", Patricia García Alonso.

DIRECCIONES DE INTERNET

- [7] <http://es.rs-online.com/web/>
- [8] <http://www.wikipedia.com>
- [9] <http://www.google.com>
- [10] <http://es.farnell.com/>
- [11] <http://www.veedia.com/>

Anexos

Adjuntos en formato digital